

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**VIII Університетська науково-практична  
студентська конференція магістрантів  
Національного технічного університету  
„Харківський політехнічний інститут”**

**(22–24 квітня 2014 року)**

Матеріали конференції

У трьох частинах

**Частина 1**

**Харків 2014**

ББК 72:74.58я73

Т66

УДК 378.4.001.2(477):001

### **Організаційний комітет:**

**Голова** – ректор НТУ „ХПІ” Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ

**Співголови** – проректор А.П. Марченко, проректор Є.І. Сокол

**Заступники голови** – завідувач науково-дослідною частиною Г.В. Лісачук, завідувач навчальної частини В.Я. Бортніков

**Члени оргкомітету** – Д.В. Бреславський, В.В. Воїнов, О.М. Гаврись, В.П. Гамаюн, А.І. Гапон, В.В. Спіфанов, М.Й. Заполовський, Ю.І. Зайцев, В.Я. Заруба, А.В. Кіпенський, С.М. Космачов, О.П. Лазуренко, С.А. Лещенко, О.П. Некрасов, П.Г. Перерва, М.А. Погребний, О.М. Рассоха, М.С. Степанов, М.О. Тарасенко, Л.П. Тижненко, В.М. Шамардіна

**Секретаріат конференції** – А.І. Бондаренко, В.В. Куліченко, Р.С. Томашевський

**VIII Університетська науково-практична студентська конференція**  
Т66 магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (22–24 квітня 2014 року [Текст] : матеріали конференції: у 3-х ч. – Ч. 1 / оргкомітет: Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ (голова) [та ін.]. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014.

ISBN 978-966-593-723-4 (повне зібрання)

ISBN 978-966-593-724-2 (ч. 1)

До збірки включено тези доповідей, представлених на VIII Університетській науково-практичній студентській конференції магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», яка відбулась 22–24 квітня 2014 року.

**ББК 72:74.58я73**

ISBN 978-966-593-723-4 (повне зібрання)

ISBN 978-966-593-724-2 (ч. 1)

© НТУ «ХПІ», 2014

## ЗМІСТ

Секція 1. Інформаційні та управляючі системи	4
Секція 2. Математичне моделювання в механіці і системах управління	62
Секція 3. Фундаментальні і прикладні проблеми в машинобудуванні	107
Секція 4. Наукові проблеми транспортного машинобудування	168
Секція 5. Енергетичні, теплофізичні процеси та обладнання	240

## СЕКЦІЯ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТА УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

УДК 004.94

**А.С. АГАПОВА, М.А. ГРИНЧЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Розробка програмного засобу для вирішення задачі визначення конкурентоспроможності організації**

Проблема оцінки конкурентоспроможності організації в умовах ринку набуває виняткової гостроти та важливості. З'ясувалося, що багато вітчизняних продуктів, які були розроблені та створені в галузях промисловості, в силу різних обставин, були не в змозі конкурувати не тільки на зовнішніх, світових ринках, але і на українських ринках. Велика кількість причин неконкурентоспроможності сформувалась ще в умовах перехідної економіки, а головні з них – низький рівень використовуваних технологій і відсутність ефективного механізму оцінки потенціалу конкурентоспроможності організації.

Актуальність даного дослідження полягає в тому, що для вітчизняних підприємств існує завдання підвищення конкурентного статусу, тобто здатності підприємства проектувати, виготовляти, реалізовувати та обслуговувати конкурентоспроможну продукцію, що перевершує за своїми якісно-ціновими, сервісними параметрами товари конкурентів і користується переважним попитом споживачів.

Грунтуючись на теорії ефективної конкуренції [1], потрібно дати комплексну оцінку діяльності підприємства, яка дозволяє зробити обґрунтовані висновки про конкурентоспроможність організації та впливає на ефективність прийняття управлінських рішень.

Метою даної роботи є розробка програмного засобу для вирішення задачі визначення конкурентоспроможності організації.

Оцінка конкурентоспроможності організації складається із трьох найголовніших показників: конкурентоспроможність продукції, конкурентоспроможність персоналу та конкурентоспроможність рекламної діяльності. Для оцінки конкурентоспроможності продукції використовуються методи, за допомогою яких можна розглянути два найголовніших типа продукції – непромислова продукція (модель Розенберга) та промислова продукція, яка потребує розгляду за значною кількістю характеристик та параметрів (комплексний метод). Також у програмному засобі здійснюється оцінка конкурентоспроможності персоналу та реклами використовуючи якісні методи (експертні оцінки) [1].

Програмне забезпечення було створено у середовищі розробки Microsoft Visual Studio 2010 з використанням мови програмування C#. Зрозумілий інтерфейс програми дає змогу розраховувати конкурентоспроможність користувачеві з будь-яким рівнем володіння персональним комп'ютером.

#### **Список літератури:**

1. *Фатхутдинов Р.А.* Стратегический маркетинг. 2-е издание, переработанное и дополненное / Р.А. Фатхутдинов // 2002. – С.262–313.

**О.И.АРХИПОВА, Л.Б. КАЩЕЕВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Исследование методологий дистанционного обучения с интерактивными элементами**

В последние годы во всем мире наблюдается бурное распространение и повсеместное использование информационно-коммуникационных технологий. Одновременно с ростом числа людей, использующих компьютеры, резко увеличился объем информации, получаемой через компьютерные сети и Интернет. С развитием компьютерно-информационных технологий развивается и такое направление, как дистанционное образование.

Дистанционное образование – это система, в которой реализуется процесс дистанционного обучения и осуществляется индивидуумом достижение и подтверждение образовательного ценза.

Характерными особенностями дистанционного образования являются [1]:

- гибкость (каждый может учиться столько, сколько ему лично необходимо для освоения курса, дисциплины и получения необходимых знаний по выбранной специальности);
- модульность (каждая отдельная дисциплина или ряд дисциплин, которые освоены обучающимся, создают целостное представление об определенной предметной области);
- параллельность (обучение может проводиться при совмещении основной профессиональной деятельности с учебой, т.е. "без отрыва от производства");
- дальное действие (расстояние от места нахождения обучающегося до образовательного учреждения не является препятствием для эффективного образовательного процесса);
- асинхронность (подразумевается тот факт, что в процессе обучения обучающий и обучаемый могут реализовывать технологию обучения и учения независимо во времени, т.е. по удобному для каждого расписанию и в удобном темпе).

Используемые сегодняшний день технологии дистанционного образования можно разделить на три основные категории [1]:

- не интерактивные (печатные материалы, аудионосители, видеоносители);
- средства компьютерного обучения (электронные учебники, компьютерное тестирование и контроль знаний, новейшие средства мультимедиа);
- видеоконференция — развитые средства телекоммуникации по аудиоканалам, видеоканалам и компьютерным сетям.

Последняя категория является наиболее распространенной категорией. Основными направлениями развития данной категории являются: чат-занятия, веб-занятия и телеконференции.

Чат-занятия — учебные занятия, осуществляемые с использованием чат-технологий. Чат-занятия проводятся синхронно, то есть все участники имеют одновременный доступ к чату. В рамках многих дистанционных учебных заведений действует чат-школа, в которой с помощью чат-кабинетов организуется деятельность дистанционных педагогов и учеников.

Веб-занятия — дистанционные уроки, конференции, семинары, деловые игры, лабораторные работы, практикумы и другие формы учебных занятий, проводимых с помощью средств телекоммуникаций и других возможностей «Всемирной паутины».

Телеконференция — проводится, как правило, на основе списков рассылки с использованием электронной почты. Для учебных телеконференций характерно достижение образовательных задач. Также существуют формы дистанционного обучения, при котором учебные материалы высылаются почтой в регионы.

В работе предлагается система дистанционного обучения. Для этого разработан комплект учебных сайтов по геометрии с интерактивным построением кривых в различных системах координат [2]. Наглядность, быстрое отображения данных, снижение время отклика сервера была достигнута за счет написания flash-приложения [3]. Данное приложение позволяет обучаемому по мере прочтения текста решать примеры, смотреть краевые точки, исследовать разрывы функций.

Преимуществами данной системы дистанционного обучения является ее доступность, а так же информативность. Для начала использования достаточно иметь любой web-браузер, что делает использование этой учебной среды удобной как для преподавателя, так и для обучаемых. В системе представляются сведения о курсах, их инструкторах и сроках проведения.

### **Список литературы:**

1. Романов А.Н. Технология дистанционного обучения. - Юнити-Дана, 2008. - 304 с.
2. Ташков П. А. Веб-мастеринг на 100%: HTML, CSS, JavaScript, PHP, CMS, AJAX, раскрутка. – СПб.: Питер, 2010. - 512 с.
3. Альберт Д., Альберт Е. Macromedia Flash Professional 8. Справочник дизайнера. - СПб.,: БХВ-Петербург, 2006. - 544 с.

А. С. БАБИНА, Г. Г. РЫЧКО, М. Д. ГОДЛЕВСКИЙ, докт. техн. наук, проф., зав. каф. АСУ НТУ «ХПИ»

**Подходы к увеличению скорости работы алгоритма  
последовательного анализа вариантов, используемого для решения задачи  
управления качеством процесса разработки программного обеспечения**

На сегодняшний день, в условиях рыночной экономики совершенствование процессов, которые действуют в организации, - одно из основных заданий инженерии качества программных систем. Процесс разработки программных систем достиг высокого уровня сложности. Поэтому появляется проблема поддержки и улучшения его качества [1]. Ранее для решения проблемы качества процесса разработки программного обеспечения (ПРПО) авторами работы были синтезированы информационная технология, математическая модель и алгоритм управления качеством на основе модели зрелости CMMI (Capability Maturity Model Integration), которая была разработана Институтом Программной инженерии на основе более ранней модели - CMM (Capability Maturity Model) [2]. Для проверки работоспособности разработанной информационной технологии проведены расчеты на фрагменте целевого профайла [3], что доказало ее работоспособность. Однако, попытка решения задачи для полноразмерной информации не увенчалась успехом. Данная задача является NP-сложной и даже при использовании разработанного алгоритма последовательного анализа вариантов время на ее решение значительно превышает допустимые пределы. В связи с этим необходимо провести анализ подходов к увеличению скорости работы алгоритма. Возможными направлениями увеличения скорости работы алгоритма являются: ускорение работы с базой данных, использование идеи локальной оптимизации, разработка подходов к декомпозиции задачи на отдельные подзадачи.

В данной работе рассмотрена декомпозиция исходного состояния ПРПО по основным группам процессов жизненного цикла программного обеспечения, а также по категориям, определяемым структурой CMMI. Так как процесс программной инженерии имеет иерархическую структуру, включая огромное количество процессов жизненного цикла (ЖЦ) программной системы, то процессы ЖЦ можно распределить по трем группам [1]: основные процессы, которые охватывают действия по разработке, поставке, приобретению, эксплуатации и сопровождению программных продуктов; поддерживающие процессы, интегрируемые с любыми другими процессами, решая вспомогательные задачи по отношению к задачам этих процессов; организационные процессы направлены на формирование производственной структуры, включающей множество процессов ЖЦ и персонал, а также на ее поддержку и совершенствование.

CMMI [4] имеет следующие категории: Support, Project Management, Process Management и Engineering. В соответствии с выше приведенными данными декомпозиция ПРПО приведена в таблице 1.

Таблица 1

Декомпозиция ПРПО

Название категории	Название группы процессов ЖЦ	Название фокусной области
Support	Поддерживающие	Causal Analysis and Resolution
Support	Поддерживающие	Configuration Management
Support	Основные	Decision Analysis and Resolution
Project Management	Организационные	Integrated Project Management
Support	Организационные	Measurement and Analysis
Process Management	Организационные	Organizational Process Definition
Process Management	Организационные	Organizational Process Focus
Process Management	Организационные	Organizational Performance Management
Process Management	Организационные	Organizational Process Performance
Process Management	Организационные	Organizational Training
Engineering	Основные	Product Integration
Project Management	Организационные	Project Monitoring and Control
Project Management	Организационные	Project Planning
Support	Поддерживающие	Process and Product Quality Assurance
Project Management	Организационные	Quantitative Project Management
Engineering	Основные	Requirements Development
Project Management	Основные	Requirements Management
Project Management	Организационные	Risk Management
Project Management	Основные	Supplier Agreement Management
Engineering	Основные	Technical Solution
Engineering	Поддерживающие	Validation
Engineering	Поддерживающие	Verification

**Список литературы:**

1. Андон, Ф. И. Основы инженерии качества программных систем. /Ф. И. Андон, Г. И. Коваль, Т. М. Коротун, Е. М. Лаврищева, В. Ю. Суслов. – К.: Академперіодика, 2007. – 672 с.

Оценка и аттестация зрелости процессов создания и сопровождения программных средств и информационных систем (ISO/IEC TR 15504-CMM) / Оценка и аттестация зрелости процессов создания и сопровождения программных средств и информационных систем (ISO/IEC TR 15504-CMM). М: Книга и бизнес, 2001. – 348 с.

2. Годлевский, М. Д. Информационная технология управления качеством процесса разработки программного обеспечения / М. Д. Годлевский, И. Л. Брагинский // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков. – 2013. – № 2/9(62) . – С. 63–67.

3. Process area (CMMI) // [http://en.wikipedia.org/wiki/Process\\_area\\_\(CMMI\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Process_area_(CMMI)), 18.11.2013.



**М. О. БІЛОВА, Т. В. КОЗУЛЯ**, докт. техн. наук, професор

### **Оцінка екологічності системних об'єктів за методом компараторної ідентифікації**

За умови реалізації концепції сталого розвитку (СР) актуальністю визначаються роботи пошуку нових методологічних розробок з поєднання та узгодженості в екологічній оцінці економічного, екологічного та людського розвитку за умови відсутності зниження якості і безпеки життя людей, збереження природного стану навколишнього природного середовища (НПС) й соціального прогресу [1, 2]. Методичне забезпечення такого рівня досліджень природно-техногенних об'єктів повинно орієнтуватися на впровадження комплексних показників оцінки якісного екологічно безпечного функціонування складних систем.

У сучасній практиці поширеним показником рівня екологічності за відповідністю вимогам СР є індекс сталого розвитку. Він визначається як сума індексів розвитку економічної, соціальної та екологічної сфер з певними ваговими коефіцієнтами [1]. Однак, система характеризується емерджентністю як системною властивістю, що не зводиться до простої суми властивостей її елементів, а є характеристикою загалом об'єкта дослідження. Враховуючи вищесказане, дати оцінку екологічності систем достатньо складно, а тому необхідним є створення методики з визначення природи зв'язків між встановленими змінами стану системи і умовами, що обумовлюють такі здвиги.

Виходячи з вищесказаного, метою даної роботи є формування методичного забезпечення комплексної екологічної оцінки стану складних об'єктів з використанням елементів методу компараторної ідентифікації (КІ). У дослідженнях поставлені та вирішені такі задачі: обґрунтувати доцільність використання елементів КІ у методиці оцінки екологічності складних об'єктів; розробити алгоритмічне забезпечення для наданої методики; проаналізувати отримані результати практичного застосування методики.

Для розв'язання задачі оцінки якості НПС доцільним є звернення до сучасних розробок в галузі інтелектуальних моделей, які б поєднували функції узагальненої корисності з оцінкою альтернатив розв'язання задач структурної і параметричної ідентифікації. Саме з позиції створення методичного забезпечення комплексної оцінки якості об'єктів природно-техногенного походження в даній роботі запропоновано звернутися до теорії КІ [2]. У межах цієї теорії розглядаються завдання математичного опису сенсорних систем, структурної ідентифікації невідомого оператора та визначення його параметрів, що може бути використано для визначення оцінки якості складних систем – еколого-економічної, соціально-економічної, еколого-соціальної і соціально-еколого-економічної [2]. Метод КІ дозволяє відмовитися від структуризації задачі і виконання послідовності проміжних оцінок, які пов'язані з накопиченням похибок, замінивши їх аналізом ситуації як цілого (рис. 1).

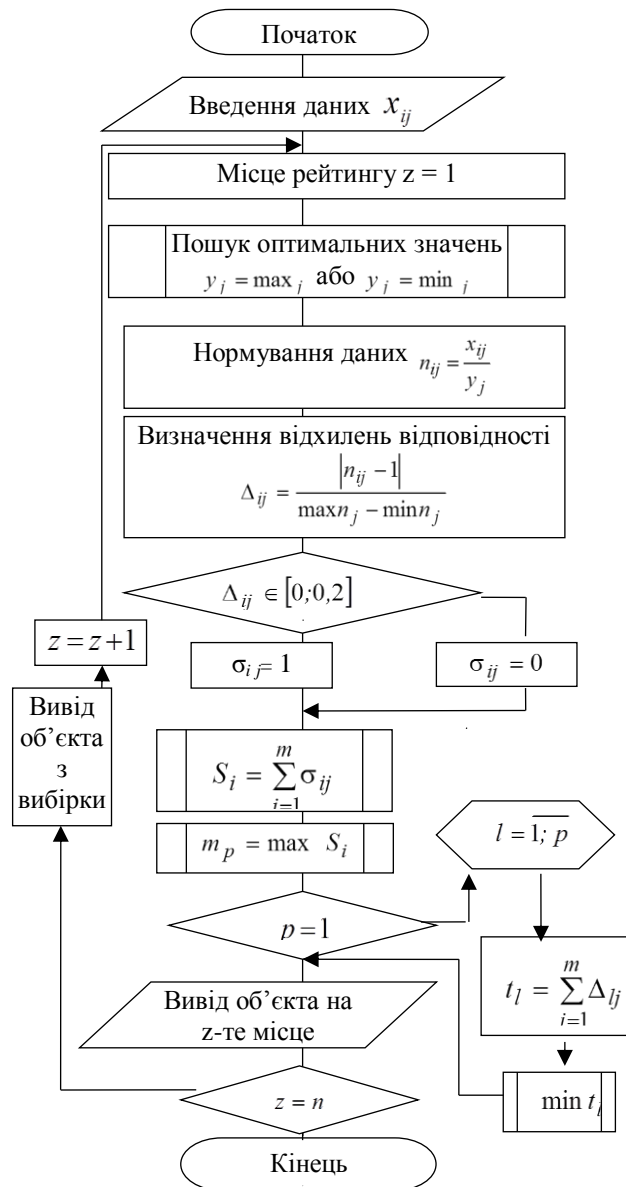


Рис. 1 – Алгоритм методики КІ оцінки екологічності об'єктів

На практиці розроблений алгоритм запропонованої методика КІ з визначення рівня екологічності стану системних об'єктів апробовано на глобальному, регіональному та локальному рівні дослідження – визначено рейтинги СР країн, регіонів, промислових об'єктів [2]. Відзначено відповідність отриманих результатів офіційним даним звітів з екологічних досліджень і розрахункам, наданим у висновках аналогічних наукових робіт [1].

### Список літератури:

1. Згуровский М. З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей / М. З. Згуровский, А. Д. Гвишиани. – К.: Політехніка, 2008. – 331 с.
2. Козуля Т. В., Білова М. О. Оцінка якості системних об'єктів навколишнього середовища на основі метода компараторної ідентифікації / Козуля Т.В., Білова М.О. // Проблеми інформаційних технологій. – 2013. – №13. – 78-84 с.

**Д.Г. БОНДАРЕВ, Л.М. ЛЮБЧИК**, докт. техн. наук, профессор

### **Применение искусственных нейронных сетей глубокого обучения для классификации объектов на изображении**

Одной из актуальных областей в компьютерной обработке данных является классификация изображений. Благодаря ее методам можно строить системы автоматического управления автомобилем, распознавания текста, проводить автоматизацию различных производственных процессов и многое другое. Несмотря на то, что данная задача быстро и без усилий решается человеком в конкретных случаях, она до сих пор неразрешима в общем виде в рамках условий задач компьютерного зрения. Одними из эффективных на данный момент методов решения этих задач являются методы машинного обучения, в частности нейронные сети глубокого обучения.

Целью данной работы является анализ методов классификации изображений и оценка результатов их работы.

В качестве исходного набора данных для обучения был выбран набор данных CIFAR-10 (Canadian Institute for Advanced Research), который представляет собой 60000 цветных изображений размером 32x32 пикселей. Набор разбит на 10 категорий по 6000 изображений в каждой категории. Преимуществом данного набора является его размер, разнообразность и обладание свойствами реальных изображений [1]. Построив матрицу корреляции цветов пикселей (Рис 1.), можно увидеть, что цвета соседних пикселей наиболее коррелируют между собой.

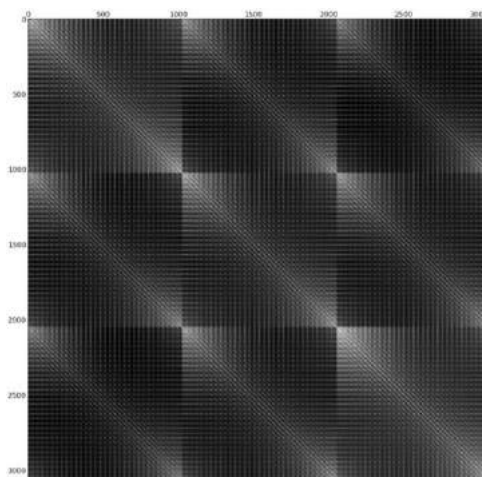


Рис. 1 – Матрица корреляции цвета пикселей из изображений CIFAR-10. Белый обозначает высокую корреляцию цвета, черный - низкую. Матрица разделена на 9 частей для каждой пары цветов изображений (Red-Red, Red-Green, Red-Blue, Green-Red, Green-Green, Green-Blue, Blue-Red, Blue-Green, Blue-Blue, и тд).

Наличие корреляции между соседними цветами пикселей может негативно сказываться на обучении нейронной сети [1]. Поэтому для устранения корреляций можно использовать метод ZCA Whitening [2], основанный на методе главных компонент [3].

Глубокое обучение – это новая сфера машинного обучения, одной из целей которой является приближение к искусственному интеллекту, работе человеческого мозга. Ключевой особенностью глубокого обучения является обучение внутренних слоев нейронной сети без учителя, т.е. без использования данных о классах изображений. Это позволяет обучить скрытые нейроны, выделив ключевые особенности изображения, и далее по скрытому слою нейронов можно построить логистическую регрессию для определения классов изображения.

В данной работе была использована сеть глубокого обучения RBM (Restricted Boltzman Machine). RBM - это упрощенная модель Boltzman Machine, где внутри наблюдаемых и скрытых групп нейронов отсутствуют связи [4–5]. После обучения RBM-сети по скрытому слою строилась логистическая регрессия.

Обучение данной сети на исходных изображениях дало точность распознавания проверочной выборки 32.12%, при обучении сети на изображениях обработанных ZCA Whitening показала точность на 37.11%.

Таким образом, в данной работе был рассмотрен метод глубокого обучения RBM сети с логистической регрессией, а так же оценена эффективность пред обработки исходных изображений.

#### **Список литературы:**

1. Alex Krizhevski, Learning Multiple Layers of Features from Tiny Images. — 2009 — 60 с
2. Andrew Ng, веб pec.: <http://ufldl.stanford.edu/wiki/index.php/Whitening> - Stanford, 2013
3. В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко, Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. Пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
4. Веб pecypc: <http://deeplearning.net/tutorial/>
5. Спецсеминар «Байесовские методы машинного обучения», 2011

**І.О БОЧАРНИКОВ, Д.Л.ОРЛОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доцент

### **Ситуаційна оцінка діяльності футбольного клубу за допомогою збалансованої системи показників**

В сучасному житті спорт набув неймовірної популярності серед населення нашої планети. Тому немає нічого дивного в тому, що з кожним днем зростає кількість спортивних клубів (футбольних, баскетбольних, волейбольних та інших). Сучасні спортивні клуби - це професійні чи аматорські організації, що мають команду спортсменів, інфраструктуру, систему управління і обслуговуючий персонал. В цій роботі основну увагу ми приділимо футбольним клубам та змаганням. Сучасний футбол є одним з найбільш масових і популярних видів спорту.

Як один з найбільш потужних видів соціальної діяльності сучасний футбол безперервно розвивається і змінюється - зростає число людей, які займаються футболом, розширюється система змагань, удосконалюється система спортивної підготовки професійного резерву, ускладнюється характер змагальної діяльності, ускладнюється структура сучасного футбольного клубу. Даний комплекс факторів породжує ряд проблем, центральними з яких є вдосконалення навчально-тренувальної, змагальної діяльності у футболі, а також ефективне управління сучасним футбольним клубом.

Метою роботи є дослідження стану футбольного клубу та виявлення проблемних ситуацій на основі показників діяльності футбольного клубу.

Сучасний футбольний клуб має дуже складну структуру, для ефективного управління якої необхідна величезна кількість трудових, фінансових, інформаційних та інших ресурсів. Раннє виявлення проблемних ситуацій, визначення та діагностика стану футбольного клубу є однією з основних складових ефективного управління футбольним клубом. Тому, на сьогодні, актуальною задачею є дослідження стану футбольного клубу.

Сучасний погляд на управління організаціями концентрує свою увагу на ситуаційних різницях між організаціями і всередині самих організацій. Тому для реалізації нових закономірностей управління та вироблення найбільш придатних до нових конкретних ситуацій рішень використовують ситуаційний підхід – імовірний, залежний від випадків, обставин, від ситуацій спосіб мислення про організаційні проблеми та їх вирішення, у рамках якого сформувалась концепція ситуаційного управління. Ситуаційне управління характеризується прийняттям управлінським персоналом рішень у ситуації, яка реально склалася або складається [1].

На сьогодні існує багато методів та способів діагностування стану футбольного клубу, як окремого випадку підприємства. Для діагностування стану футбольного клубу пропонується використання статистичного методу визначення стану підприємства, виходячи з найбільшої достовірності рішення,

який він дає. Даний метод діагностування стану футбольного клубу базується на кількісних даних показників ефективності діяльності футбольного клубу [2]. Для виділення таких показників застосовують запропоновану Девідом Нортон та Робертом Капланом модель. Ця модель була названа авторами терміном *Balanced Scorecard* або збалансована система показників діяльності. Вона розглядається в чотирьох взаємозв'язаних головних складових: фінансової, клієнтської, внутрішньої і складової навчання й розвитку [3].

На протязі всього часу функціонування футбольного клубу можуть виникати так звані проблемні ситуації. Проблемною ситуацією будемо називати суттєве відхилення існуючих значень показника діяльності від запланованих. Для більш наочного визначення проблемних ситуацій запропоновано використовувати графіки, на яких відображають заплановану траєкторію показника, фактичну, тобто ту яка складається на даний момент, та прогнозу, на якій відображається значення показника у майбутні моменти часу, також на таких діаграмах вказують обмеження. Вихід фактичної траєкторії за обмеження означає що за конкретним показником діяльності футбольного клубу виникла проблемна ситуація, яка потребує негайного втручання для її ліквідації. За допомогою прогнозних траєкторій можна передбачити появу проблемних ситуацій в майбутньому, тобто якщо прогнозна траєкторія показника вийшла за обмеження в майбутні моменти часу, то можна стверджувати що в тому часовому відрізку в футбольному клубі може виникнути проблемна ситуація за досліджуванним показником діяльності. На сьогодні контроль та виявлення проблемних ситуацій неможливий без спеціалізованого програмного забезпечення. Це пов'язано з великими обсягами інформації, що зберігається та оброблюється. Наприклад, тільки показників ефективності діяльності може бути кілька десятків, а можливо і сотен, і для кожного необхідно зберігати його кількісні значення. Отже необхідною складовою спеціалізованого програмного забезпечення є відповідна база даних для зберігання статистичних даних футбольного клубу.

Отже можна стверджувати, що чим раніше і точніше буде проаналізований стан футбольного клубу та виявлені проблемні ситуації його керівництвом, тим ефективнішим буде управління. При раньому діагностуванні кризи або виявленні проблемної ситуації, керівництво футбольного клубу зможе вчасно зреагувати на існуючу проблему, та виходячи із ситуації, яка склалася, прийняти необхідні міри в напрямку управління для подолання кризової ситуації.

#### **Список літератури:**

1. Стратегічне та ситуаційне управління // <http://safari-perm.ru/teoriya-ta-istoriya-derzhavnogo-upravlinnya/40-strategichne-ta-situacijne-upravlinnya.html>.
2. Фомин Я.А. Диагностика кризисного состояния предприятия: Учеб. пособие для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 349 с
3. Каплан Р., Стратегические карты. Трансформация нематериальных активов в материальные результаты / Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортон: Пер. с англ. – М.: ЗАО Олимп-Бизнес, 2004. – 512 с. – ISBN: 978-5-9693-0101-6.

**Г. А. БУРЛАКОВ, М. Д. ГОДЛЕВСКИЙ**, докт. техн. наук, проф., зав. каф. АСУ НТУ «ХПИ»

### **Конфигурирование логистической системы дистрибьюции товаров массового использования**

В работе на вербальном уровне рассмотрены основные этапы стратегической программы действий в области логистики дистрибьюции, которая после формирования логистической стратегии представлена в виде двух основных шагов: конфигурирование логистической системы, формирование организационной структуры системы управления, в рамках которых рассмотрены следующие проблемы: структурный и параметрический синтез сети цепочек поставок, формирование участников сети цепочек поставок, синтез вариантов иерархической организационной структуры системы управления логистической системой [1].

Формализована структура сети цепочек поставок готовой продукции (ГП) на основе теории графов. Вершинами графа являются исходные поставщики продукции, конечные потребители и промежуточные склады, а ребрами – транспортные артерии.

Рассмотрены модели и алгоритмы конфигурирования логистической системы [2]. На первом этапе решается задача рассеивания продукции массового использования, которая представлена моделью структурно-топологического синтеза. Второй этап – решение задачи консолидации и разукрупнения ГП на основе транспортной задачи с промежуточными узлами. Следующий этап – определение затрат на хранение запасов ГП и далее формирование различных вариантов конфигурации логистической сети на основе варьирования таких параметров как: длина логистического цикла, уровень страховых запасов, количество складов регионального и национального уровней. Для каждого сформированного варианта проводится имитационное моделирование функционирования логистической сети и определяется уровень логистического сервиса. Среди полученного множества вариантов определяется подмножество эффективных с точки зрения двух критериев: суммарные затраты на транспортировку и хранение продукции, уровень логистического сервиса.

#### **Список литературы:**

1. *Годлевский, М. Д.* Технология формирования системы организационного управления логистикой дистрибьюции при стратегическом планировании / *М. Д. Годлевский, А. А. Станкевич, И. М. Годлевский* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків :Технологічний центр, 2012. – № 4/3(58). – С. 17-21.
2. *Станкевич, А. А.* Конфигурирование логистической сети цепочек поставок готовой продукции при стратегическом управлении / *А. А. Станкевич, А. Ю. Друк, И. М. Годлевский* // Матеріали 15-ї Міжнар. наук.-техн. конф. «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2013). – К: УНК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2013. – С. 481.

**Є.В. БУЦАЙ, І.І. БАБИЧ**, асистент

### **Розробка веб-сервісу, що надає послуги в сфері трансферу технологій**

В сучасних умовах світової глобалізації рівень економічного розвитку країни визначається науково-технологічним прогресом та здатність до комерціалізації інтелектуальних факторів. Важливим і перспективним механізмом економічної стабілізації держави є трансфер технологій, сутність якого полягає в передачі ноу-хау, нових технологій, технологічного обладнання та науково-технічних знань від власника до замовника.

В Україні через слабку взаємодію науки і бізнесу трансфер технологій не знайшов свого розвитку. Через недостатнє розповсюдження прогресивних технологій країна втрачає можливість використання стратегії нарощування інноваційного потенціалу, що загрожує закріпленням екстенсивної моделі розвитку економіки. Низький успіх в реалізації проектів по трансферу технологій в Україні головним чином зумовлено скороченням частини інноваційної продукції в загальному обсязі реалізованої промислової продукції та зниженням інноваційної активності підприємств. У цьому зв'язку виникає гостра необхідність у спрощенні процедури трансферу технологій. Ефективне вирішення даної задачі неможливе без використання сучасних інформаційних технологій. Тому актуальною задачею є розробка інтерактивного веб-сервісу, який би значно спростив здійснення трансферу технологій в Україні.

Успішне здійснення трансферу технологій тісно пов'язане з оцінюванням наслідків від реалізації цих інноваційних проектів. Огляд існуючих джерел інформації показав, що в даний час існує велика кількість різних підходів, які можна розділити на дві групи – якісні (експертні) та кількісні.

Серед кількісних методик оцінки проектів найбільш розповсюдженими є методика UNIDO, методика Всесвітнього банку та методика Європейського Союзу. До найбільш продуктивно використовуваних якісних методів відносяться наступні: метод Дельфи, технологічний Форсайт, метод критичних технологій та технологічна дорожня карта.

Головним недоліком даних підходів є їхня неспроможність дати кількісну оцінку макроекономічних наслідків реалізації проектів та їх вплив на інші галузі економіки. Це пов'язано з тим, що для отримання кількісних оцінок економічної ефективності інвестиційних проектів необхідно прогнозувати результати їх реалізації на макrorівні.

Саме тому для оцінки ефективності кожної інноваційної технології пропонується використовувати імітаційну модель прогнозування науково-технологічного розвитку видів економічної діяльності України [1] у поєднанні з методом оцінювання впливу від впровадження проектів національного рівня на стан промисловості України [2]. Зазначені імітаційна модель та метод складають «ядро» веб-сервісу. Структура веб-сервісу передбачає трьох-рівневу клієнт-серверну архітектуру, яка представлена на рис.1.



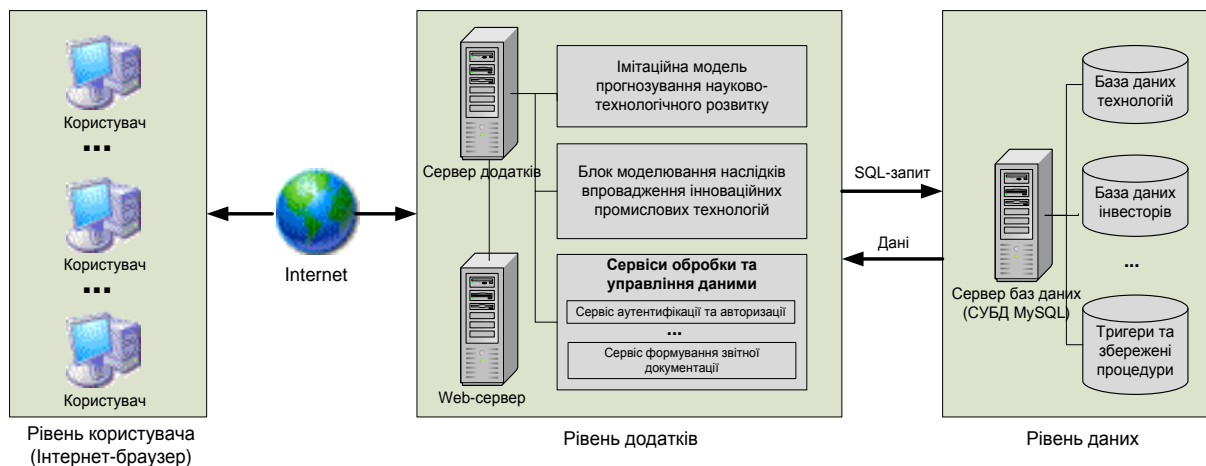


Рис. 1 – Архітектура веб-сервісу

Розроблений веб-сервіс має низку функціональних можливостей. До основних з них відносяться: реєстрація власника ідеї (заповнення анкети, в якій необхідно вказати номер патенту або ліцензії, анотацію ідеї, опис ідеї, ключові слова зі списку, ринок застосування, поточна стадія розвитку і тип передбачуваного партнерства); реєстрація потенційного інвестора, подача заявки на трансфер та розрахунок ефективності від впровадження ідеї.

Сервіс працює з трьома типами користувачів. Незареєстрований користувач має змогу зареєструватися або переглянути анкети інноваційних ідей, але в неповному викладі (опис ідеї, ключові слова, ринок застосування). Користувач, зареєстрований як власник ідеї має змогу переглядати анкети інноваційних ідей в повному обсязі, зареєструвати інноваційну ідею, прийняти пропозицію заключити договір на трансфер. Для інноваційних ідей є додаткові опції: надання пріоритету анкеті та прорахування економічного ефекту від впровадження інноваційних технологій. Користувач, зареєстрований як потенційний інвестор має змогу переглядати анкети інноваційних ідей в повному обсязі, вибрати ідею для інвестування, подати заявку на трансфер. В якості додаткової послуги можна розрахувати ефект від впровадження ідеї.

Цільовою аудиторією веб-сервісу з одного боку можуть виступати інженери, розробники, винахідники, які мають не впроваджені в життя інноваційні ідеї та бажають залучити інвесторів, а з іншого боку – інвестори та люди, зацікавлені в комерціалізації технологій та розробок.

### Список літератури:

1. *Kononenko, Igor, Anton Repin.* The Modeling and Forecasting of the Technological and Innovational Development of a Transition-Economy Country. - 3rd International Conference on Project Management (ProMac2006). Sydney. Australia. 27-29 September 2006. – 7 pp.
2. *Igor Kononenko, Igor Babich.* Forecasting of Results of the State-Level Projects Implementation. The 7<sup>th</sup> International Conference on Business, Management and Economics (ICBME 2011). E-Proceedings. Cesme, Izmir, Turkey. 06-08 October 2011. – 15 pp.

**О.С. ГЛЕБОВ, І.І. БАБИЧ**, асистент

### **Розробка програмного забезпечення для вирішення задачі оптимізації будівництва та експлуатації складу**

В наш час проблема складської логістики є дуже поширеною в усьому світі та особливо у країнах, що розвиваються. Це пов'язане з тим, що інтенсивність матеріальних і товарних потоків у сучасних умовах постійно зростає. Система складської логістики потребує подальшого вдосконалення та розвитку. Склад є ключовою ланкою, здатною як збільшити прибуток, так і звести нанівець усі досягнення успішного підприємства. Завжди існує прагнення зменшити витрати, в тому числі за рахунок оптимальної організації складу. Але оптимальна структура складу повинна враховувати велику кількість параметрів, які необхідно оптимізувати з урахуванням наявних обмежень. Вирішення даної задачі є досить трудомістким процесом та потребує багато часу. Її ефективне вирішення можливе лише з використанням сучасних інформаційних технологій, які дадуть змогу вирішувати цю задачу багатократно та швидко, приклавши при цьому мінімум зусиль та часу.

Саме тому метою даної роботи є розробка програмного забезпечення для вирішення задачі оптимізації будівництва та експлуатації складу.

Розглядається задача оптимізації параметрів споруджуваного складу: його обсягу (ємності), забезпечення необхідним обладнанням та переліку (набору) послуг на заданому часовому інтервалі, коли експлуатація складу планується на строк більше одного року, з урахуванням обліку дисконтування фінансових потоків. Критерієм оптимізації при виборі значень перерахованих параметрів складу є максимізація валового прибутку з урахуванням доходів за всіма видами послуг за вирахуванням змінних і умовно-постійних витрат [1].

В якості обмежень задачі розглядаються наступні: об'ємно-часове обмеження на ємність складу, обмеження на об'єм складу при розміщенні обладнання, обмеження інвестиційних ресурсів [1].

Математична модель задачі, що розглядається, представляє собою задачу цілочисельного лінійного програмування. Для вирішення даної задачі пропонується використовувати метод гілок та меж [2].

На початковому етапі розробки програмного забезпечення за допомогою мови графічного моделювання систем UML [3] було спроектовано структуру та поведінку майбутньої програмної системи. Була розроблена діаграма варіантів використання, яка дала змогу чітко виділити взаємодію користувача з майбутнім програмним забезпеченням. Було розроблено логічну та фізичну моделі бази даних, для цього було використано засіб концептуального моделювання - CA ERwin Data Modeler 9.

Для відображення взаємодії об'єктів у програмі, впорядкованих за часом, було спроектовано діаграму послідовності. Також була розроблена діаграма класів, яка служить для відображення статичної структури моделі системи.

Програмна реалізація системи була здійснена у середовищі Microsoft Visual Studio 2010 за допомогою мови програмування C#. В якості системи управління базою даних була використана MySQL 5.6.15. Головна форма розробленого програмного забезпечення представлена на рис.1.

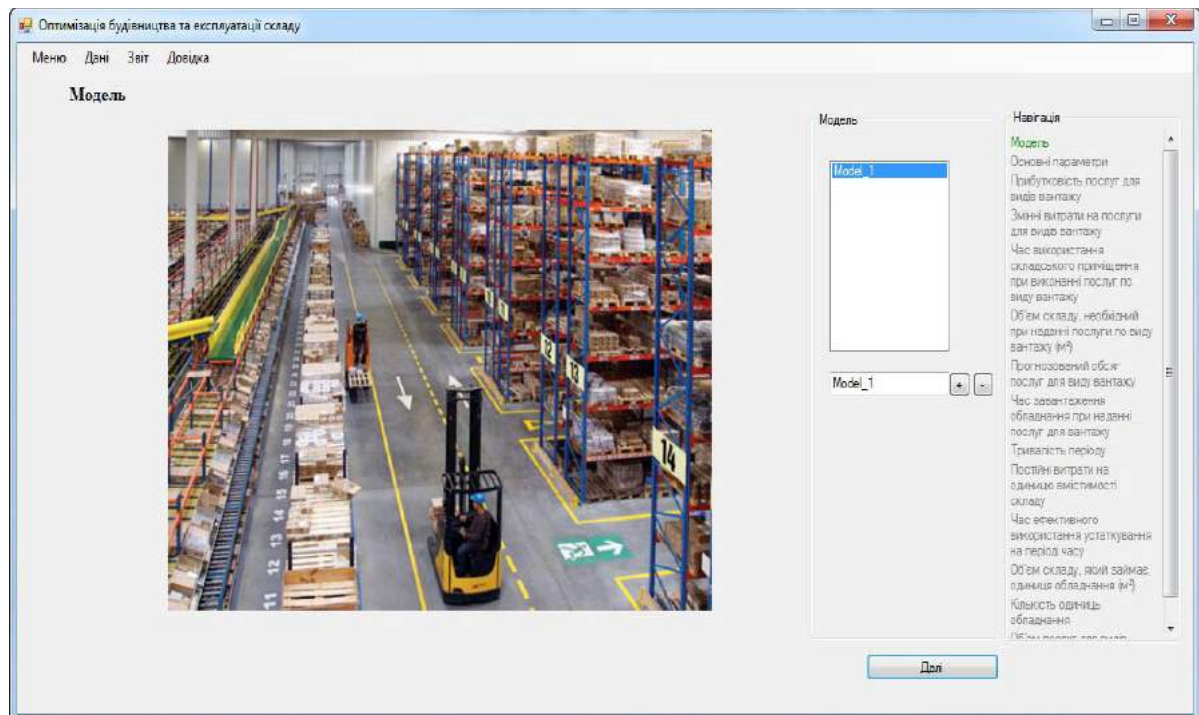


Рис. 1 – Головна форма розробленого програмного забезпечення

Розроблене програмне забезпечення дає змогу користувачеві, після вводу основних параметрів складу таких, як: кількість періодів, кількість видів вантажу, послуг, обладнання; загального об'єму складу та площі для надання в оренду; ставка дисконтування; вартість одиниці вмістимості складу; об'єм інвестиційних ресурсів, та заповнення декількох форм, ефективно розрахувати оптимальний об'єм послуг та обладнання для певних видів вантажу, які необхідно надати для орендарів складу.

Привітний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс програмного забезпечення дозволяє працювати з нею користувачеві будь-якого рівня володіння ПК.

Таким чином в ході роботи було розроблено програмне забезпечення, яке відповідає усім вимогам та дозволяє вирішувати задачу оптимізації будівництва та експлуатації складу. Було розраховано чисельний приклад, який підтвердив працездатність розробленого програмного забезпечення.

#### Список літератури:

1. Мищенко, А.В. Методы управления инвестициями в логических системах / А. В. Мищенко // 2009. - С. 363.
2. Пападимитриу, Х.С. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность / Х.С. Пападимитриу // 1984. - С. 512.
3. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. The Complete UML Training Course / G.Booch // 2000. - С. 496.

**І.С. ДЕРЕЖЕНЕЦЬ, О.М. МАЛИХ**, доцент

### **Алгоритмічна і програмна реалізація симетричної криптографічної системи із закритим ключем**

Дана бакалаврська робота присвячена криптографії. Формально криптографія (з грецької - «тайнопис») визначається як наука, що забезпечує секретність повідомлення. І якщо раніше криптографія здебільшого служила виключно державним інтересам, то з приходом інтернету її методи стали надбанням приватних осіб і широко використовуються хакерами, борцями за свободу інформації та будь-якими особами, які бажають в тій чи іншій мірі зашифрувати свої дані в мережі. Серед усього спектру методів захисту даних від небажаного доступу особливе місце займають криптографічні методи. На відміну від інших методів, вони спираються лише на властивості самої інформації і не використовують властивості її матеріальних носіїв, особливості вузлів її обробки, передачі та зберігання.

В даний час особливо актуальною стала оцінка вже використовуваних криптоалгоритмів. Завдання визначення ефективності засобів захисту найчастіш більш трудомістке, ніж їх розробка, вимагає наявності спеціальних знань і, як правило, більш високої кваліфікації, ніж задача розробки.

Мета даної роботи полягає в огляді криптографічних систем захисту даних, алгоритмічної та програмної реалізації алгоритму шифрування. Для реалізації обраний симетричний алгоритм DES із закритим ключем.

Шифрування з закритим ключем засновано на тому, що доступ до ключа має тільки авторизований персонал. Цей ключ повинен триматися в секреті. Якщо ключ буде розкритий, стороння людина зможе отримати несанкціонований доступ до зашифрованої інформації.

Надійність такого шифрування залежить від декількох факторів. По-перше, алгоритм шифрування повинен бути досить складним, щоб неможливо було розшифрувати повідомлення за наявності лише шифрованого тексту. По-друге, основним фактором надійності традиційного шифрування є таємність ключа, в той час як сам алгоритм може бути і несекретним. Тому передбачається, що повинна бути забезпечена практична неможливість розшифровки повідомлення на основі знання шифрованого тексту, навіть якщо людині відомий алгоритм шифрування/дешифрування. Іншими словами не потрібно забезпечувати секретність алгоритму - достатньо забезпечити секретність ключа.

Саме ця особливість схеми традиційного шифрування обумовлює її широку популярність і визнання. Відсутність необхідності зберігати в секреті

алгоритм дає виробникам можливість реалізувати алгоритми шифрування даних у вигляді дешевих загальнодоступних мікросхем, якими оснащені сьогодні багато сучасних систем.

Найбільш широко використовуваним алгоритмом із закритим ключем є стандарт Data Encryption Standard (DES). Цей алгоритм, розроблений компанією IBM в сімдесятих роках минулого століття, прийнятий як американський стандарт для комерційних і несекретних урядових комунікацій

Типові області застосування DES:

- шифрування аудіо і відео даних для кабельного телебачення, відеоконференцій, дистанційного навчання, VoIP
- захист комерційної та фінансової інформації, що відображає кон'юнктурні коливання
- лінії зв'язку через модем, роутер або АТМ лінію, GSM технологію
- смарт-карти
- загальнодоступний пакет конфіденційної версії електронної пошти PGP і в OpenPGP

Алгоритм DES широко застосовується для захисту фінансової інформації: так, один з модулів повністю підтримує операції TripleDES для емісії та обробки кредитних карт VISA, EuroPay та інших карт.

Дана робота складається з п'яти розділів.

Перша глава присвячена огляду криптографії в цілому, принципам роботи криптосистем, огляду і порівнянню сучасних криптографічних систем захисту даних, таким як симетричні і асиметричні методології шифрування, хеш-функції, механізми аутентифікації, електронні підписи і тимчасові мітки.

Друга глава присвячена алгоритмічному опису симетричного алгоритму шифрування DES, в ній докладно описані всі етапи шифрування за даною схемою.

Третя глава містить опис програмної реалізації криптосистеми DES. Тут вказані особливості мови C# і середовища програмування Microsoft Visual Studio, обраних для реалізації програми, а також нюанси структури розробленого програмного продукту.

Четверта і п'ята глави присвячені розрахунку економічного обґрунтування, охороні праці та навколишнього середовища відповідно.

### **Список літератури:**

1. Столлингс В. Криптография и защита сетей. – К.: Вильямс, 2001. – 56 с.
2. Жельников В. Криптография от папируса до компьютера. – М.: АБФ, 1996. – 335 с. .

**Н.В. ДОЛГОПОЛОВА, В.А. КОЛБАСИН**, канд. техн. наук, доцент

### **Поиск изображений, содержащих похожие участки.**

До недавнего времени традиционным поиском визуальной информации считался метод, опирающийся на отслеживание текстовых описаний изображений. Однако из-за невозможности полного и корректного словесного описания картинки, наблюдается неоднозначность соответствия между визуальным содержанием и текстом, что снижает показатели точности и полноты поиска. Методы распознавания образов и понимания их расположения в настоящее время применяются в узких предметных областях. Для широкого класса изображений, содержащих непересекающиеся множества объектов, создание полной базы данных объектов становится невыполнимым из-за невозможности учета невероятно большого объема информации.

Одна из современных технологий поиска изображений (считающаяся универсальной для решения широкого ряда задач) связана с сопоставлением изображению набора визуальных примитивов (характеристик цвета, формы, текстуры) и определением количественной оценки близости изображений по значениям примитивов. Первоочередной задачей при реализации поиска изображений, является анализ цветового содержания изображения. Существует два основных подхода к решению данного вопроса: разбиение цветов по яркости и разбиение цветов по прямоугольным параллелепипедам.

Первый метод опирается на анализ яркостной компоненты, путем построения и сравнения гистограмм изображения-образца и искомого изображения. На рис.1 представлен пример такого распределения.

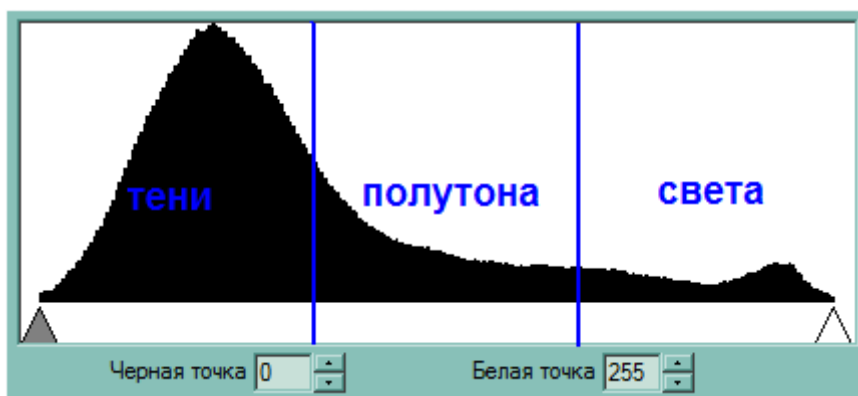


Рис. 1 – График распределения яркостей пикселей

Этот метод построения гистограмм и его модификации наиболее эффективен для поиска соответствий черно-белых полутоновых изображений. Для цветных RGB-изображений лучшие результаты дает второй способ.

Цветовое RGB-пространство представляется как трехмерный куб. Используя данный подход, любой цвет изображения может быть представлен точкой куба. Для построения цветовой гистограммы каждая сторона делится

на  $n$  равных интервалов, а куб соответственно делится на  $n^3$  прямоугольных параллелепипедов. Значения цветов изображения попадают в определенные интервалы. Гистограмма в этом случае будет отражать распределение точек, соответствующих цветам пикселей изображения, по параллелепипедам.

Однако, если для пользователя важно расположение определенных цветовых областей, целесообразнее использовать технику квадродеревьев. Суть метода состоит в разбиении изображения на части, по которым будут вычисляться и сравниваться цветовые гистограммы. Также можно обращаться к поиску, используя поиск по контурам и по содержанию выделенного сегментацией объекта. Но и этот подход не может удовлетворить некоторые специфические запросы поиска.

Проблема состоит в том, что иногда необходимо определять изображения не столько похожие, сколько содержащие искомый объект. Теория распознавания образов решает похожего рода задачи, работая с однотипными объектами (распознавание лиц, штрих-кодов, автомобильных номеров и т.д.). Если же рассматривать как пример объекты архитектуры, то их разнообразие будет существенно усложнять распознавание и поиск образа. В таких случаях необходимо искать выделенный объект не в одном изображении, а в нескольких. Причиной применения такого подхода может быть то, что этот предмет представлен с другого ракурса, в другое время суток, в другой обстановке.

Стоит задача создания такого программного продукта, использующего комбинирование методов поиска, где можно было бы определять похожие изображения не только по совпадающим участкам, но и по общим тенденциям изменений той или иной характеристики среди нескольких изображений, если такие представлены.

Этот метод будет хорошо работать при наличии максимально полной базы данных с сериями фотографий, описывающих предмет интереса. Данный подход оправдывает себя также в том случае, когда пользователь располагает малым количеством информации о предмете поиска.

Наиболее перспективной отраслью применения разработанного метода является поиск достопримечательностей. Ведь иногда случается так, что пользователь, увидев интересующий объект архитектуры или явление природы на случайной фотографии, не знает даже с чего начать определение местности, где расположена данная памятка. Однако, воспользовавшись данным поиском среди изображений базы данных, будет возможно определение необходимой информации.

#### **Список литературы:**

1. Бакут П.А. Сегментация изображений: методы пороговой обработки / Бакут П.А., Колмогоров Г.С., Ворновицкий И.Э. // Зарубежная радиэлектроника. - 1987. - №10. - С. 6-24.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Шапиро Л., Стокман Дж. // Бином. Лаборатория знаний. - 2006. - С. 752.
3. Фершильд М.Д. Модели цветового восприятия, Рочестерский технологический институт, Манселловская научная лаборатория по цвету. - 2006. - С. 439.

**Я.О. ЖОВНІР, Н.А. МАРЧЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Розробка розподільної системи для тестування знань студентів**

Одним з основних вимог організації навчального процесу в рамках Болонської угоди є подальша уніфікація навчальних планів для однойменних дисциплін, що викладаються в різних навчальних закладах. Це висуває вимоги об'єктивізації процесу оцінювання знань студентів, що неможливо без використання методів тестування знань, які є основою теорії педагогічних вимірювань. Масове впровадження тестування знань в навчальний процес вищої школи показало необхідність створення та застосування комп'ютерних систем тестування знань. Це обумовлено з одного боку зниженням трудомісткості при проведенні тестувань в порівнянні з традиційними методами бланкового тестування, а з іншого боку підвищенням надійності та об'єктивності результатів тестування [1-3].

Таким чином актуальною задачею є створення розподіленої системи тестування знань студентів, в якій повинні буди передбачені можливості адміністрування даних, що зберігаються в системі, розподілу ролей користувачів, а також статистичної обробки тестових завдань для перевірки якості тесту.

Для забезпечення статистичної обробки спочатку необхідно розрахувати описову статистику, до якої належить декілька показників [2]. Перший з них  $\Delta ДГ$  – середнє відхилення досягнень піддослідних. Далі розраховують три взаємопов'язаних показники:

- 1) суму квадратів відхилень від середньої арифметичної оцінки  $SS_k$ ;
- 2) дисперсії  $s_k^2$ .
- 3) стандартне відхилення по тесту  $s_k$ .

За величиною  $\Delta ДГ$  можна судити про довірчий інтервал досягнень піддослідних. У границях  $ДГ \pm \Delta ДГ$  знаходиться більшість досягнень групи. Дисперсія тестових результатів показує інтервал (міру розкиду), в якому знаходяться всі отримані бали випробовуваних, включаючи стандартне відхилення по тесту і помилку вимірювання. За величиною стандартного відхилення можна судити про статистичний характер розподілу результатів. Якщо середній тестовий бал дорівнює  $X_{cp} = 4,5$ , а стандартне відхилення  $s_k = 1.45$ , то в інтервалі  $4,5 \pm 1.45$  знаходяться бали, набрані більшістю тестованих.

Після розрахунку описової статистики можна провести оцінку якості тестів за декількома групами методів. До першої групи належать методи оцінки валідності. Валідність в теорії тестування означає відповідність форми і змісту тесту того, що він повинен оцінювати або вимірювати за задумом його творців [1].



Другою групою є методи оцінки надійності. Надійність тесту характеризує ступінь стійкості результатів тестування кожного випробуваного. Методи оцінки надійності полягають в обчисленні коефіцієнта надійності різними способами.

Останньою групою є методи оцінки диференціюючої спроможності. Диференціююча спроможність – здатність тестового завдання диференціювати (розрізняти) сильних (здатних) від слабких [3]. В магістерській роботі розглядається декілька методів обчислення диференціюючих здібностей, що реалізовано в системі тестування.

В розробленій системі тестування використана клієнт-серверна технологія. Обраними для розробки розподільної системи є web-технології Java, JavaScript, HTML, CSS на клієнтській стороні та скрипкова мова PHP і сервер баз даних MySQL на стороні сервера. В результаті аналізу даних спочатку було побудовано ER-модель переметної області, на базі якої спроектовано базу даних. Після цього на основі використання обраних технологій було розроблено web-інтерфейс розподіленої системи для тестування знань студентів.

Робота з системою починається з авторизації користувача. Після чого, якщо користувач є викладачем, то він має змогу додавати нові тести, або окремі завдання до тесту, що був ним раніше створений. Якщо користувач – це студент, йому надається змога пройти тест з навчальної дисципліни за виділений системою проміжок часу та переглянути результати всіх раніше пройдених тестів. Також для користувача-викладача надається можливість переглянути статистику. На основі даної статистики відбувається перевірка на якість тесту за допомогою статистичних методів.

Таким чином, в ході даної роботи було розроблено розподільну систему для тестування знань студентів, в рамках якої використовуються тести, що задовольняють основні методам оцінки якості тестів. Розроблена система пройшла тестування і готова до експлуатації.

### **Список літератури:**

1. *Шашкина М.Б.* Критерии качества педагогического теста по математике // Современное образование. – 2001. – № 3. – С. 97-101.
2. *Шеин А.А., Привалов Н.И.* Методика статистической оценки качества знаний студентов при контрольном опросе с помощью тестов // Современные проблемы науки и образования. – 2010. – № 4 – С. 74-77.
3. *Майоров, А.Н.* Теория и практика создания тестов для системы образования.– М.: Интеллект-центр, 2002.

**Н.М. ЖУРАВЕЛЬ, В.О. ГУЖВА**, канд. техн. наук, професор

### **Розробка системи щодо поводження з твердими побутовими відходами**

Першочерговим завданням у вирішенні проблеми поводження з твердими побутовими відходами є розробка оптимальних систем їх збору і транспортування. Зволікання з видаленням відходів з місць утворення неприпустимо, тому що це може призвести до серйозного забруднення міст. Проблема твердих побутових відходів є актуальною, оскільки її рішення пов'язане з необхідністю забезпечення нормальної життєдіяльності населення, санітарного очищення міст, охорони навколишнього середовища та ресурсозбереження.

Аналіз літературних джерел показав, що для вирішення проблем в сфері поводження з твердими побутовими відходами можна успішно використовувати математичне моделювання. Отже, щоб зменшити витрати в системі щодо поводження з відходами пропонується вирішити наступні задачі:

розмістити сміттєперевантажувальну та сміттєсортувальну станцію (пропонується для цього використати апарат теорії графів);

знайти оптимальний маршрут вивезення сміття з місць його збору з мінімальним кілометражем (пошук ейлерового чи гамільтонового контурів);

обрати технічні засоби для транспортування твердих побутових відходів (за допомогою побудови областей ефективності марок сміттєвозів з парку взаємозамінних машин).

Для організації пошуку розміщення станції представимо маршрути та відправні точки у вигляді графа. Таким чином, отримаємо граф  $G(X, A)$ , де  $X$  – множина вершин, тобто перехресть,  $A$  – множина дуг, тобто доріг, які з'єднують перехрестя, що відповідають вершинам графа. Необхідно розташувати станцію таким чином, щоб сума найкоротших відстаней із місць накопичення твердих побутових відходів до неї була мінімальною. В теорії графів оптимальне у цьому сенсі місце розташування пункту називається медіаною графа. Для знаходження місць розміщення станції пропонується шукати зовнішню або внутрішню медіани графа.

Існує кілька методів пошуку найкоротших відстаней в графі [1]:

- алгоритм Дейкстри (пошук найкоротших відстаней від заданої вершини);
- алгоритми Флойда та Данцига (алгоритми пошуку найкоротших відстаней між всіма парами вершин у графі).

Алгоритми Флойда і Данцига, на відміну від алгоритму Дейкстри, який дозволяє побудувати орієнтоване дерево найкоротших відстаней від деякої вершини, дозволяють знайти довжини всіх найкоротших відстаней в графі. Ця задача може бути вирішена і багатократним застосуванням алгоритму Дейкстри (кожного разу послідовно вибираємо вершину від першої до  $N$ -ної, поки не

отримаємо найкоротші відстані між всіма вершинами графа), проте реалізація подібної процедури потребує значних обчислювальних витрат.

Для розв'язання задачі пошуку оптимального маршруту візьмемо той же граф  $G(X,A)$ , де величина  $c(a_j)$  – вага ребра – відповідає довжині дороги. Потрібно знайти маршрут найменшого кілометражу. Тоді задача збору відходів з місць їх накопичення у термінах теорії графів може бути вирішена наступними способами: пошуком ейлерового чи гамільтонового контуру. Задача знаходження гамільтонового контуру з найменшою вагою в літературі відома як задача комівояжера [2]. Її недоліком є те, що не кожний граф містить у собі гамільтонів контур. Тоді знаходять ейлерів контур. Якщо неможливо знайти і ейлерів контур, то розв'язують задачу китайського листоніші, яка завжди має розв'язок. Вона полягає у пошуку найкоротшого маршруту, що включає кожне ребро графу щонайменш один раз і закінчується у початковій вершині, з якої починався рух. У [2] наведено алгоритм розв'язання задачі китайського листоніші.

Для розв'язання задачі вибору технічних засобів (сміттевозів) необхідно побудувати області ефективного застосування взаємозамінних машин парку сміттевозів, що складається з  $q$  типорозмірів. Скориставшись побудованими областями ефективного застосування, із заданого парку сміттевозів вибрати марку машини для виконання робіт з перевезення твердих побутових відходів в обсязі  $V_c$  і переміщення на відстань  $L_m$  метрів [3]. Максимально можливий прибуток при виконанні механізованих робіт організацією, котра є власником парку машин, передбачає мінімально можливі витрати на виконання одиниці обсягу робіт. Мінімально можливі витрати можуть бути забезпечені використанням областей ефективного застосування парку машин при прийнятті рішення про призначення машини на об'єкт. При цьому машини повинні бути взаємозамінні при виконанні розглянутої роботи. Критерієм економічної ефективності застосування машин приймаються витрати на виконання робіт.

Отже, вирішення цих задач дозволило б економити на паливі, раціонально використовувати багатотоннажний транспорт, полегшити повсякденну працю працівників житлово-комунальних господарств або фірм, що займаються вивезенням твердих побутових відходів. Також рішення даних задач можна об'єднати в єдиний програмний продукт, який би автоматизував обчислення і дозволив проводити розрахунки для графів з великою кількістю вершин.

#### Список літератури:

1. Майника, Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах [Текст]: пер. с англ. / Э. Майника. – Москва: Мир, 1981. – 323 с.
2. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход [Текст] / Н. Кристофидес. – М.: Мир, 1978. – 360 с.
3. Вербицкий, Г. М. Основы оптимального использования машин в строительстве и горном деле : учеб. пособие [Текст] / Г. М. Вербицкий. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. – 105 с.

**Г.Ю. ІГНАТЕНКО, В.П. СЕВЕРИН**, докт. техн. наук, професор

### **Розробка матричних методів та програм для аналізу динамічних систем**

Останнім часом досить інтенсивно розвиваються дослідження складних багатокомпонентних динамічних систем у різноманітних областях науки. Ці дослідження стимулювалися не стільки абстрактним жаданням пізнання світу, скільки сповна конкретними причинами, пов'язаними з необхідністю цілеспрямовано управляти такими системами [1-2]. Динамічні системи знайшли широке вживання в різних областях людської діяльності. Вони характеризуються залежністю змінних від часу, а також залежністю вихідного сигналу в окремі моменти часу від передісторії вхідного. Динамічні моделі, описані диференціальними рівняннями, є найбільш поширеним типом моделей. Однією з основних проблем динамічних систем є проблема обчислення показників якості, які дозволяють провести їх аналіз [3].

Мета роботи полягає в розробці матричних методів та програм для аналізу нелінійних динамічних систем на основі обчислених прямих показників якості.

В ході виконання роботи розглянуті нелінійна модель Гудвіна та нелінійна модель «хижак-жертва». Модель Гудвіна використовується для пояснення природи економічних циклів та враховує запізнення в національному доході та в індукованих інвестиціях з нелінійним акселератором [1]:

$$\begin{cases} \frac{dY}{dt} = \frac{1}{\tau}(-sY + C_{\min} + A_0 + I_{ind}), \\ \frac{dI_{ind}}{dt} = -\frac{1}{\tau_i}\left(I_{ind} - r\psi\left(\frac{dY}{dt}\right)\right), \end{cases}$$

з початковими умовами  $Y(0) = Y_0$ ,  $I_{ind}(0) = 0$ .

Модель «хижак-жертва», яку вперше вивчали Лотка і Вольтера, знайшла широке застосування в біології, а також в інших науках, в тому числі і в економіці. Вона складається з двох диференціальних рівнянь вигляду:

$$\begin{cases} \frac{dr}{dt} = \alpha r - \beta r f, \\ \frac{df}{dt} = -\gamma f + \delta r f, \end{cases}$$

де  $r(t)$  – популяція жертв,  $f(t)$  – популяція хижаків, що вважаються невід’ємними, і всі коефіцієнти  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  – додатні числа.

В ході аналізу процесів моделі Гудвіна та «хижак-жертва» обчислені прямі показники якості, такі як максимальне відхилення перехідного процесу, розмах коливань та масив моментів часу та екстремумів. Також побудовані перехідні процеси моделей. Процес моделі Гудвіна має коливальний характер. Час встановлення процесу не визначено тому, що процес нескінченний. Графік перехідного процесу наведено на рис. 1.

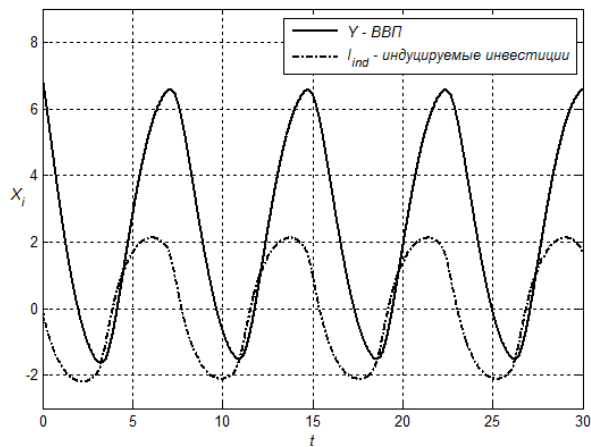


Рис. 1 – Графік перехідного процесу моделі Гудвіна

Процес моделі «хижак-жертва» також має коливальний характер. Графік перехідного процесу наведено на рис. 2.

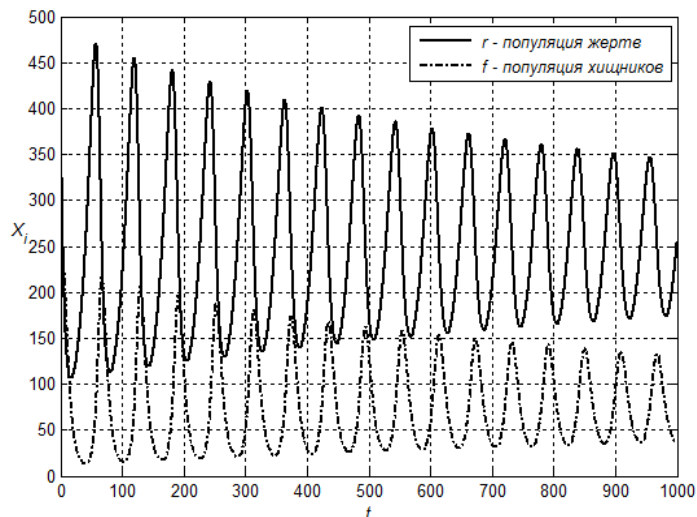


Рис. 2 – Графік перехідного процесу моделі «хижак-жертва»

У даній роботі розроблені алгоритми чисельних методів інтегрування систем диференціальних рівнянь для обчислення перехідних процесів в динамічних системах та виконано аналіз нелінійних динамічних систем на основі обчислення прямих показників якості.

#### Список літератури:

1. Антонова, А. О. Математические методы экономической динамики / А. О. Антонова // Теория и методические указания. – 2006. - №7 - С. 9-42.
2. Кудряшов, Н. А. Аналитическая теория нелинейных дифференциальных уравнений / Н. А. Кудряшов // Москва-Ижевск: институт компьютерных исследований. 2004. - №10.- С. 221-260.
3. Королев, В. К. Сравнение некоторых методов численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений / В. К. Королев // Вычислительные системы. - 1975.-№ 3. - С. 108-117.

**О.К. ІСАЄНКО, М.А. ГРИНЧЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Аналіз стейкхолдерів проекту та розробка стратегії взаємодії з ними**

У теперішній час методологія управління проектами використовується у всіх сферах діяльності. Важливою складовою методології є концепція стейкхолдерів проекту. Згідно цієї концепції, стейкхолдери формують: економічне, людське та психологічне оточення окремого проекту.

Баланс інтересів стейкхолдерів є ключовим для будь якої організації. Досягнення балансу інтересів є актуальним та важливим і для проекту. Концепція зацікавлених сторін набуває абсолютно критичне значення в управлінні проектами, де оточення характеризується високою динамічністю [1].

Ставлення зацікавленої особи до проекту характеризується не стільки об'єктивними економічними передумовами, а, навпаки, суб'єктивним ставленням до проекту або до керівника проекту. Тому команда управління проектом повинна ідентифікувати учасників проекту, визначати їх вимоги і очікування. Команда повинна управляти впливом стейкхолдерів для того, щоб забезпечити успішне завершення проекту.

Аналіз будь-якої групи об'єктів, подій чи явищ починається з їх ідентифікації. Аналіз стейкхолдерів може бути проведений самостійно менеджером проекту, або в процесі особистої консультації з консультантом або коучем, а також у груповому форматі (наприклад, на зборах Core Project Team - координаційної групи проекту).

Для полегшення аналізу все оточення проекту поділяють на зовнішнє, внутрішнє, далеке та близьке. У кожному з них виділяють ключових дійових осіб (стейкхолдерів) [2, 3]. Після ідентифікації зацікавлених сторін проводиться аналіз їх впливу на проект. Необхідно визначити інтереси кожного стейкхолдера щодо проекту, інструменти впливу на нього. Також визначаються ступінь підтримки чи протидії, сила впливу зацікавленої особи на проект, до якої області впливу вона відноситься. Після цього можна вже ідентифікувати проблемні ситуації, які можуть виникнути із зацікавленими особами під час реалізації проекту.

Для аналізу психологічного оточення проекту використовується експертний метод. Експерти повинні заповнити спеціально розроблені анкети з тестами. Після ретельного аналізу анкет фахівець надає отримані відомості про характер, темперамент, можливу поведінку стейкхолдера та рекомендації щодо правил взаємодії з ним.

Для розробки стратегії взаємодії із стейкхолдерами використовується модель безпосереднього впливу та модель узгодження. У моделі безпосереднього впливу роль менеджера проекту на стейкхолдерів є сприйнятною, так як вони мають безпосередній вплив на результат проекту,

незалежно від стратегії управління проектом. У моделі узгодження ставлення менеджера проекту до зацікавлених сторін виявляється впливом на стратегію за допомогою узгодження інтересів між стратегією і результатом.

У рамках цих двох моделей в залежності від ситуації, що склалася, використовують партнерський метод управління стейкхолдерами та метод захисту. Метод управління стейкхолдерами заснований на тому, щоб зав'язати з усіма стейкхолдерами партнерські відносини, заручитися підтримкою і довірою. Метод захисту припускає, що стейкхолдери в певний момент можуть зробити негативний вплив на виконання проекту, тому необхідно бути готовим до такої ситуації [4].

При виникненні конфліктів між стейкхолдерами використовують наступні методи впливу: зміна думки груп стейкхолдерів, боротьба з окремими групами впливу та співпраця.

Для ідентифікації та аналізу стейкхолдерів використовується спеціально розроблене програмне забезпечення, яке використовує два інструменти, які добре зарекомендували себе на практиці. Використання інструментарію аналізу стейкхолдерів дозволяє систематизувати вже наявну інформацію про оточення проекту. Виходячи з цієї систематизованої інформації менеджер проекту створює адекватну стратегію роботи із зацікавленими сторонами.

Отже, всі стейкхолдери можуть впливати на хід виконання проекту, але цей вплив може бути як позитивним, так і негативним. Розглянуті вище методи аналізу та моделі поведінки дозволяють систематизувати існуючу інформацію про стейкхолдерів, спроектувати їх поведінку та вплив на хід виконання проекту. На основі цього керівник проекту розробляє стратегію взаємодії із зацікавленими сторонами.

#### **Список літератури:**

1. Офіціальний сайт 12 minage the executive fast track [Електронний ресурс]. Режим доступу [http://www.12manage.com/methods\\_stakeholder\\_analysis.html](http://www.12manage.com/methods_stakeholder_analysis.html);
2. Окружение проекта [Електронний ресурс]. Режим доступу <http://infomanagement.ru/referat/80/7>;
3. Управление проектом [Електронний ресурс]. Режим доступу <http://www.newreferat.com/ref-13690-2.html>;
4. Управление стейкхолдерами в стратегическом менеджменте [Електронний ресурс]. Режим доступу <http://www.webkursovnik.ru/kartgotrab.asp?id=-66283>.

**А.И. КЛУБАНЬ, Л.Б. КАЩЕЕВ**, канд. техн. наук, доцент

**Исследование использования итерационных изображений в компьютерных технологиях, их свойств и оптимизация хранения данных фракталов в реляционных базах данных.**

Фракталы находят все большее и большее применение в науке. Фрактальная методология, основанная на динамическом методе исследования применима в самых разнообразных научных областях. Основная причина этого заключается в том, что они описывают реальный мир иногда даже лучше, чем традиционная физика или математика.

Термин "фрактал" (от английского слова "fraction" – дробь) введен бельгийским математиком Бенуа Мандельбротом и обозначает множество, имеющее дробную (фрактальную) размерность. Фракталы, особенно на плоскости, популярны благодаря сочетанию красоты с простотой построения при помощи компьютера. Они встречаются везде, где заканчиваются правильные формы евклидовой геометрии и имеют три основных метода формирования:

- итерационные функции, которые строятся в соответствии с фиксированными правилами геометрических замещений, в результате которых образуются геометрические фракталы;

- рекуррентные соотношения – это фракталы, определяемые рекуррентным отношением в каждой точке пространства (таким как плоскость комплексных чисел);

- случайные процессы – это фракталы, генерируемые с использованием стохастических, а не детерминированных процессов, получаются в том случае, если в итерационном процессе случайным образом изменять какие-либо его построения.

Если встречается природный объект, то с первого взгляда видно, что осознать, описать его форму со всеми шероховатостями можно только приблизительно. Как, например, построить модель горного хребта или кроны дерева в терминах геометрии? Как подступиться к моделированию каскадных водопадов или турбулентных процессов, определяющих погоду? Какая математика отвечает за ритмы сердца и головного мозга, наблюдаемые на электрокардиограмме и энцефалограмме? Можно математически описать внезапное возникновение волны паники на финансовых рынках или даже построить математическую модель социального поведения? Фракталы – соответствующие средства для исследования подобных вопросов. Объекты, которые теперь называются фракталами, исследовались задолго до того, как им было дано такое название. Во многих работах по фракталам в качестве определяющей свойства фигурирует свойство самоподобия фракталов.



Фрактальная методология, основанная на динамическом методе исследования применима в самых различных научных областях. Именно это позволяет в каком-то смысле объединить разные направления, найти в них что-то общее.

В целях экономии ресурсов, целесообразно хранить удачные изображения и их параметры в базе данных, из которой потом можно выбрать нужное изображение вместе с описанием и параметрами, не строя его заново.

В разработанном мною программном пакете осуществлено компактное хранение семейства фракталов в базе данных с использованием их записи в виде порождающих аксиом, правил и коэффициентов.

Основная цель проектирования баз данных - это сокращение избыточности хранимых данных. Грамотно спланированная база данных обеспечивает оптимальное использование оперативной и дисковой памяти, предоставляет удобный механизм изменения данных и обеспечивает высокую их целостность.

При проектировании баз данных упор в первую очередь делается на достоверность и непротиворечивость хранимых данных, причем эти свойства не должны теряться в процессе работы с данными, то есть после многочисленных изменений, изъятий и приложений данных по отношению к первоначальному состоянию БД. В целом суть этих ограничений весьма проста: каждый факт, хранящийся в БД, должен храниться один- единственный раз, поскольку дублирование может привести (и на практике непременно приводит, как только проект приобретает реальную сложность) к несогласованности между копиями одной и той же информации.

Нормализация – это процесс приведения структур данных в состояние, обеспечивающее лучшие условия выборки, вставки, изменения и удаления данных. Это достигается разбиением исходной таблицы на несколько реляционно связанных таблиц. Конечной целью нормализации является получение такой структуры базы данных, в которой каждый элемент таблицы (поле) неделим и не повторяется в других записях. Это делается не столько с целью экономии памяти, сколько для исключения коллизий вставки, обновления и удаления записей.

### **Список литературы:**

1. *Кроновер Р.М.* Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории / *Р.М. Кронвер* - М.: Постмаркет, 2000. - 352 с.

2. *Жиков В.В.* Фракталы.- Математика. Соросовский образовательный журнал / *В.В. Жиков* – 1996. - №2.- С. 109-117.

М.М. КОЗУЛЯ, Л.Г. РАСКИН, докт. техн. наук, профессор

### Организация технического обслуживания многоэлементной системы

Практический интерес представляет оценка и прогнозирование безотказности систем, условия эксплуатации которых, задаваемые большим числом факторов, различны и изменяются. Сформулирована и реализована идея параметризации аналитических соотношений, описывающих модель надежности систем, обеспечивающая построение технологии одновременной обработки всех наблюдений. Этот подход реализует метод максимума правдоподобия для оценки параметров уравнения регрессии, связывающего закон изменения интенсивности отказов системы с численными значениями факторов, определяющих условия ее эксплуатации [1].

Целью работы является отыскание модели, которая удовлетворяет условиям для формирования надежной, малозатратной и функциональной системы.

Пусть вектор  $F = (F_1, F_2, \dots, F_m)$  определяет набор численных значений факторов, определяющих условия эксплуатации системы. Этот набор для  $s$ -го варианта условий эксплуатации имеет вид  $F_s = (F_{1s}, F_{2s}, \dots, F_{ms})$ . При этом введенная в [2] зависимость интенсивности отказов системы, функционирующей в условиях  $F_s$ , описывается соотношением:

$$\lambda(F_s, t) = a_0(F_s) + a_1(F_s)t + a_d(F_s)t^d. \quad (1)$$

При этом для конкретного набора  $F_{s_1} = (F_{1s_1}, F_{2s_1}, \dots, F_{ms_1})$ , характеризующего  $s_1$ -й режим эксплуатации системы, соответствующий закон изменения интенсивности отказов будет иметь вид:

$$\lambda(F_{s_1}, t) = \sum_{i=0}^d \sum_{k=1}^m c_{ik} F_{ks_1} t^i. \quad (2)$$

Пусть система проработала в этих условиях в течение  $T_1$  и затем перешла в другой режим, условия эксплуатации в котором зададим набором  $F_{s_2} = (F_{1s_2}, F_{2s_2}, \dots, F_{ms_2})$ . Определим закон изменения интенсивности отказов в режиме  $s_2$  с учетом ресурса, израсходованного в режиме  $s_1$  в течение времени  $T_1$ . Принято считать [3, 4], что продолжительность эксплуатации в режиме  $s_1$  в течение интервала  $T_1$  эквивалентна с точки зрения израсходованного ресурса продолжительности эксплуатации в режиме  $s_2$  в течение  $T_2$ , если

$$\int_0^{T_1} \lambda(F_{s_1}, t) dt = \int_0^{T_2} \lambda(F_{s_2}, t) dt.$$

Отсюда, с учетом (2), имеем

$$\sum_{i=0}^d \sum_{k=1}^m c_{ik} F_{ks_1} \frac{T_1^{i+1}}{i+1} = \sum_{i=0}^d \sum_{k=1}^m c_{ik} F_{ks_2} \frac{T_2^{i+1}}{i+1}. \quad (3)$$

Соотношение (3) при заданных наборах  $F_{s_1}$ ,  $F_{s_2}$  и значении  $T_1$  представляет собой уравнение относительно неизвестного значения  $T_2$ , определяющего продолжительность эксплуатации в режиме  $s_2$ , эквивалентную с точки зрения израсходованного ресурса продолжительности  $T_1$  эксплуатации в режиме  $s_1$ . Введем

$$a_i(T_1) = \frac{1}{i+1} \sum_{k=1}^m C_{ik} F_{ks_2}, \quad b(T_1) = \sum_{i=0}^d \sum_{k=1}^m C_{ik} F_{ks_1}.$$

Теперь приведем (3) к виду

$$\sum_{i=0}^d a_i(T_1) T_2^i = b(T_1).$$

Пусть  $T_2(T_1)$  – решение этого уравнения. При этом, если продолжительность эксплуатации системы в режиме  $s_2$  отсчитывать, начиная с момента перехода в  $s_2$ , то соответствующий закон изменения интенсивности отказов будет иметь вид:

$$\lambda(F_{s_2}, t/T_2(T_1)) = \sum_{i=0}^d \sum_{k=1}^m c_{ik} F_{ks_2} (t + T_2(T_1))^i.$$

Таким образом, предложенный метод расчета параметров уравнения регрессии, связывающего значение интенсивности отказов системы с численными значениями факторов, определяющих условия эксплуатации, обеспечивает возможность оценки и прогнозирования безотказности систем, условия, эксплуатации которых меняются [5]. Метод позволяет при изменении режима эксплуатации корректно учесть ресурс, израсходованный до этого изменения. Предложенная методика обеспечивает организацию технического обслуживания сложной системы, территориально распределенные элементы которой эксплуатируются в разных условиях.

### Список литературы:

1. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем / Е. Ю. Барзилович. – М: Высшая школа, 1982. – 232 с.
2. Серая О.В. Многомерные модели логистики в условиях неопределенности / О.В. Серая. – Харьков: ФОП Стеценко И.И., 2010. – 512 с.
3. Седякин Н.М. Об одном физическом принципе теории надежности / Н.М. Седякин // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1966. – №3. – С.80 – 87.
4. Карташев Г.Д. Модели расходования ресурса изделий электронной техники. / Г.Д. Карташев // М.: ЦНИИ Электроники. – 1977. – Вып. 1. – 76 с.
5. Кадигроб С.В. Оценка и прогнозирование безотказности сложных систем с учетом динамики условий эксплуатации / С.В. Кадигроб, О.В.Серая // Системи управління, Навігації та зв'язку. – 2010. – Вып. 2(14).– с. 88–92.

**А.Г. КОНОПЛИНА, А.В. ІВАЩЕНКО, С.Н. КОЗЯР, О.В. ЖАДАН,**  
**А.В. ХАРАЗІЙ** асистент

**Адаптація методологій PMBoK, Prince2, P2M та SWEBOK залежно від  
розмірів проекту та розрахунок тривалості управління проектами при  
використанні даних методологій**

На сьогоднішній день використання методологій для управління проектами є досить актуальним, так як з розвитком економіки та інших галузей у країні, зростає необхідність створення підприємств та компаній, впровадження нових бізнес-процесів та реінжинірингу старих, для успішного виконання цього необхідно безперервно стежити за проекти, керувати ходом їх виконання та вчасно корегувати.

Однією з характеристик, за якими можна класифікувати проект є масштаб проекту. Умовно всі проекти розділяються на великі, середні та малі залежно від їх вартості, тривалості та кількості учасників у складі команди проекту. Виходячи з розмірів проекту, його типу та вимог до нього керівники проектів використовують різні підходи та методології для його управління.

Більшість методологій призначені для управління проектом певного розміру, тому, для управління малим, середнім та великим проектами, були адаптовані чотири методології: PMBoK, Prince2, P2M та SWEBOK.

PMBoK – це досить складна і велика методологія управління проектами у будь-якій галузі, що передбачає використання п'яти груп процесів. Зазвичай дана методологія використовується для управління складними та досить великими проектами. PMBoK містить фундаментальні та базові практики, які за думкою PMI (Project management institute), забезпечують комерційні результати для будь-якої організації.[1]

Методологія PRINCE2 – це структурований метод управління проектами. Вона є досить об'ємною, так як передбачає покроковий моніторинг усіх, навіть незначних, робіт по проекту для його чіткого та коректного виконання. Так як творці методології твердять, що погано організований та некоректно промоніторений проект приречений на поразку.[2]

P2M (скорочення від Project and Program Management for Enterprise Innovation) - це розроблена в Японії новаторська рамкова методологія управління складними проектами та програмами впровадження інноваційних технологій на рівні підприємств у нестабільному середовищі. Методологія P2M будується на базі «трілемми» - трьохосновних понять: складність, цінність і

опір. Чим складніше бізнес-проблема, тим більше цінності містить її потенційне рішення і тим менше число людей здатні це зрозуміти.[3]

Ядро знань SWEBOOK - основний документ, що відображає погляди спеціалістів в області програмної інженерії та узгоджується з сучасними регламентованими процесами життєвого циклу програмного забезпечення стандарту ISO/IEC 12207. В цьому ядрі знань міститься опис 10 областей. Кожна з них представлена відповідно до загальної схеми опису. [4]

Перераховані вище методології були ретельно вивчені та проаналізовані, далі були складені повні переліки робіт, які були передбачені цими методологіями для управління великим проектом. На основі експертних оцінок була визначена тривалість кожної задачі із створеного переліку.

Загальна тривалість процесів управління при виконанні проекту, з використанням зазначених методологій складає –1455 годин для PMBoK, для Prince2 – 1208 годин, для P2M та для SWEBOOK 598 та 920,2 годин відповідно.

Також, на основі експертних оцінок були визначені необхідні роботи для управління середнім та малим проектами.

Тривалість управління середнім проектом при використанні методологій складала: для PMBoK - 1098 годин, для Prince2 – 415 годин, для P2M– 372 години та для SWEBOOK– 357 годин, для малих проектів тривалість складала: 818 годин, 120 годин, 209 годин та 290 годин, у відповідній послідовності.

В результаті виконання роботи були вивчені чотири об'ємні методології: PMBoK, PRINCE2, P2M та SWEBOOK. На основі експертних оцінок були визначені роботи, необхідні для управління різними за масштабом проектами, а також часи необхідні на їх реалізацію.

### **Список літератури:**

1 Руководство к своду знаний по управлению проектами. Четвертое издание (руководство PMBoK).

2 Managing successful project with PRINCE2//TSO Blackwell and other accredited agents, 2009, pp. 315.

3 Руководство по управлению инновационными проектами и программами предприятий на основе системы знаний P2M. – Киев.: Издательство «Науковий світ», 2009 р. 173 с.

4 Основы программной инженерии (по SWEBOOK) – пер. с англ. С.Орлика. IEEE computer society [Electronic resource]. – Режим доступа: <http://www.computer.org/portal/web/swebok/html/ch8> 11.12.13.

**І.О. КОНСТАНТИНОВ, О.Є. ГОЛОСКОКОВ**, канд. техн. наук, професор

### **Розпізнавання фінансового стану підприємства в умовах ризику**

Одним з важливих умов ефективного функціонування підприємства є своєчасна об'єктивна оцінка його фінансового стану, тому для цього проводиться фінансовий аналіз. У розпізнаванні фінансового стану підприємства зацікавлені як саме підприємство та його фінансово-економічні служби, так й акціонери, інвестори, податкова служба, постачальники [1].

Оцінки фінансового стану підприємства можна об'єктивно здійснити тільки за допомоги комплексу показників. Сучасна система показників діяльності організації налічує кілька сотень індексів та коефіцієнтів, а також спостерігається зростання складності внутрішніх і зовнішніх умов діяльності підприємства. Джерелами інформації для розпізнавання фінансового стану є форма № 1 «Бухгалтерський баланс» і форма № 2 «Звіт про фінансові результати».

Постановка завдання дослідження. Вихідною інформацією для рішення завдання розпізнавання є опис підприємства у вигляді вектора фінансових показників  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  .. Всі класи станів  $S_1, S_2, \dots, S_m$  задані, описані ознаками :  $\{X_{1r}, X_{2r}, \dots, X_{nr}\} \subset S_r; r = \overline{1, m}$  [2].

Характерною особливістю досліджуваного завдання є наявність елемента випадковості у вихідних статистичних даних. Відповідно до можливих значеннями введених показників, в результаті проведення розпізнавання, фінансовий стан підприємства може бути віднесено до одного з п'яти класів: абсолютний успіх, нормально стійкий стан, задовільний стан, нестабільний стан, банкрутство. Необхідно фінансовий стан підприємства віднести до одного з наявних класів [3].

На основі отриманих результатів розпізнавання фінансового стану підприємства, суб'єкти ринкових відносин можуть зробити висновки про те, в якому стані перебуває підприємство. Ці дані сприяють оцінці діяльності підприємства, підготовці рішень про коригування фінансової політики підприємства або прийняття рішення про реалізацію планів щодо підприємства [4].

Для рішення завдання розпізнавання фінансового стану підприємства в роботі пропонується використовувати такі підходи: стохастичну теорію розпізнавання образів; нейромережеву технологію обробки інформації; підхід, заснований на застосуванні теорії нечітких множин [4]. Зазначені підходи є основою для розробки математичного, алгоритмічного та програмного забезпечення системи розпізнавання.

#### **Список літератури:**

1. Пястолов, С.М. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия. – М.: Академия, 2004. – С 176 – 179
2. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978. – С 98 – 99.
3. Поддєрьогін, А.М. Фінанси підприємств. – К.: КНЕУ, 1999. – С. 15
4. Шелудько, В.М. Фінансовий менеджмент: Підручник. – К.: Знання, 2006. – С 78 – 79
4. Поддєрьогін, А.М. Фінанси підприємств. – К.: КНЕУ, 1999. – С. 15

**О.П. ЛАСКУРИК, Н.А. МАРЧЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Розробка програмного забезпечення для дослідження алгоритмів лінійної алгебри**

Методи лінійної алгебри широко використовуються у багатьох галузях науки і техніки. Як наслідок, проблема реалізації методів лінійної алгебри на електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ) є актуальною.

Для кожної задачі існує безліч методів розв'язання. Чимало методів створювалися до появи ЕОМ, і ряд з них у ролі суттєвого елементу включають інтуїцію обчислювача. Поява ЕОМ вимагало переоцінки старих методів, що до кінця ще не зроблено. Частково це пояснюється тим, що ефективність багатьох методів сильно залежить від дрібних деталей алгоритму, які майже не піддаються теоретичному аналізу.

Чисельні методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) застосовуються у трьох чвертях розрахункових математичних задач. Це пов'язано з тим, що математичні моделі різних об'єктів чи процесів або відразу будують у лінійному вигляді, або зводять до цього вигляду за допомогою дискретизації чи лінеаризації. Тому вибір ефективного методу для розв'язання СЛАР є дуже важливим [1-2].

Таким чином задача знаходження власних значень і векторів матриць є важливою для широкого кола питань обчислювальної математики. Її застосовують у диференціальних рівняннях, зокрема у проблемі стійкості [3]. Також важливу роль власні значення відіграють у механіці, радіофізиці та інших галузях [4].

Отже, після проведеного аналізу чисельних методів для програмної реалізації на мові програмування C# у середовищі Microsoft Visual Studio 2010 були обрані наступні методи. Для розв'язання СЛАР – методи Гаусса, Зейделя, Холецкого, простої ітерації та прогонки. Для знаходження власних значень і векторів матриці в розробленому програмному забезпеченні були реалізовані методи Данилевського, Фаддєєва, Крилова, Якобі та QR-алгоритму.

В результаті дослідження було встановлено, що деякі методи (Гаусса, Фаддєєва) розв'язують загальні задачі, але при цьому виконується більше ітерацій, що призводить до округлювання результату. Якщо матриця спеціального виду, то кількість ітерацій суттєво зменшується.

У розробленому програмному забезпеченні для розглянутих методів виконано порівняння ефективності їх застосування в залежності від властивостей матриці. Щоб показати практичне застосування методів лінійної алгебри, в програмному забезпеченні також був реалізований розрахунок перехідних процесів у колі постійного струму при введеній матриці з подальшим виведенням результату в вигляді графіків. Щоб отримати графіки необхідно розв'язувати СЛАР та знаходити власні значення та вектори. Для

наочності також була реалізована можливість побудови схеми електричного кола постійного струму (див. рис. 1 и 2).

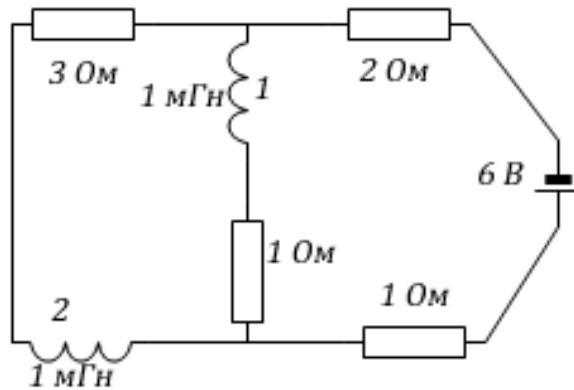


Рис. 1 – Схема електричного кола постійного струму та відповідний графік перехідного процесу

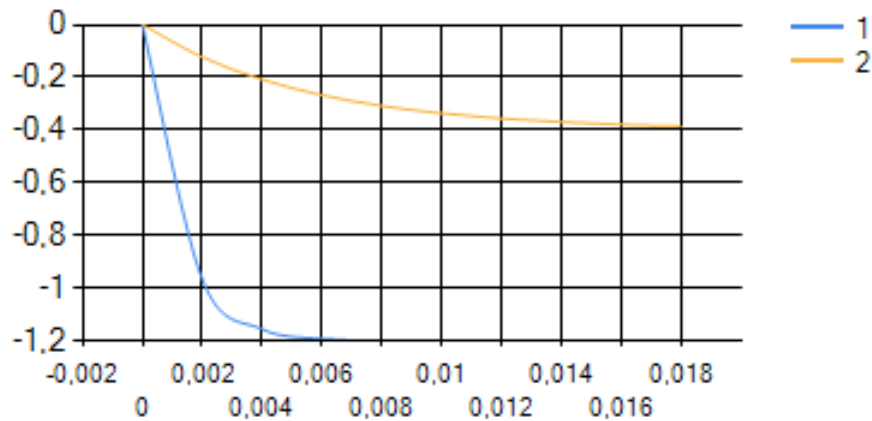


Рис. 2 – Графіки перехідних процесів

Таким чином, в ході роботи було розроблено програмне забезпечення, що реалізує чисельні методи лінійної алгебри та виконує їх порівняльний аналіз. У подальшому планується доповнити функціонал розробленого програмного забезпечення, реалізувавши роботу з комплексними числами, що дозволить моделювати інші процеси.

#### Список літератури:

1. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения. – М.: Мир, 2001.
2. Шахно С.М. Чисельні методи лінійної алгебри: Навч. посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006.
3. Уоткінс Д.С. Основы матричных вычислений. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
4. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Вычислительные методы высшей математики / Т.1. Под ред. И.П. Мысовских. – Мн.: Вышейш. школа, 1972.



**Л.В. МЕЛЬНИЧУК, О.В. ШМАТКО** доцент

### Дослідження рівня безпеки інформаційної системи підприємства

У сучасному світі інформація активно впливає на всі сфери життєдіяльності, у тому числі на ринкову економіку. Виникає загроза витоку інформації, в результаті чого стає неможливим нормальне функціонування підприємства [1]. Процес захисту інформації в інформаційній системі відбувається за рахунок функціонування DLP-системи (Data loss prevention), яка забезпечує повну або часткову компенсацію загроз витоку даних.

Однією з проблем при виборі систем захисту інформації є задача багатокритеріального вибору DLP-системи для максимального захисту інформаційної системи підприємства від витоків даних.

Під час рішення задачі вибору найкращої системи від витоків даних, неможливо зібрати статистичні дані по всім існуючим DLP-системам для певного підприємства. У цьому випадку зручно використовувати експертне оцінювання, яке використовує лінгвістичний підхід на базі теорії нечітких множин.

Для рішення задачі вибору оптимальної DLP-системи в роботі розглянуті методи, які належать до теорії нечітких множин [2]: метод головного показника, метод результуючого показника, лексикографічні методи. У роботі використовується метод результуючого показника. Вибір варіанту DLP-системи проводиться при адитивності критеріїв. Спочатку формуються та оцінюються ризики підприємства, на основі них формуються критерії вибору та альтернативні варіанти DLP-систем. Відносна важливість більшості критеріїв визначається на основі експертних оцінок. При цьому враховується компетентність експертів. Для визначення критерію надійності використовується метод статистичного моделювання. Експериментальні дані отримуються шляхом проведення тестування на проникнення та хисту вразливих даних. Далі, використовуючи експертне оцінювання, визначається оцінка кожної DLP-системи по визначеним критеріям, як представлено на рис.1.

Для визначення оптимальної DLP-системи, проводиться ранжування альтернативних варіантів із використанням отриманих зважених оцінок на основі нечіткої композиції [3]:

$$\mu_j(j) = \sup_{r_1, r_2, \dots, r_m: r_i \geq r_j} \min_{j=1, \dots, m} \mu_{R_j}(r_j)$$

де  $\mu_j(j)$  – нечітка множина альтернатив, які відповідають значенню «найкраща альтернатива». Найкращою вважається альтернатива, яка має найбільше значення  $\mu_j(j)$ .

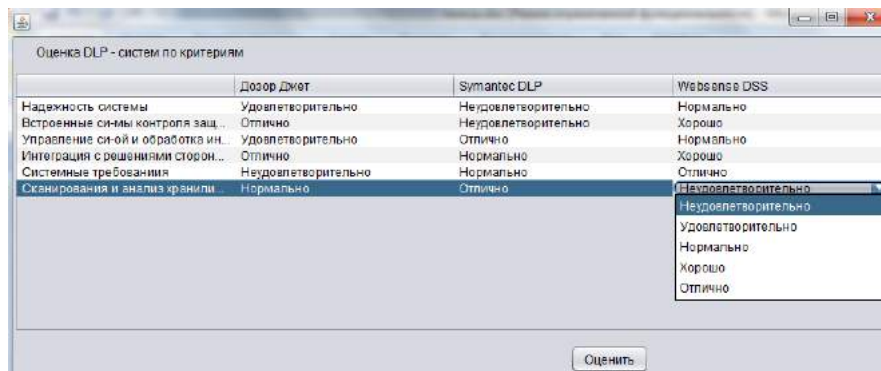


Рис. 1 – Виставлення лінгвістичних оцінок кожній DLP-системі по заданим критеріям

Пріоритет кожної альтернативи визначається вибором мінімуму серед точок перетину правої межі відповідного їй нечіткого числа  $R_j$  з межами нечітких чисел, що представляють зважені оцінки альтернатив, розташованих правіше на числовій осі, які задовольняють умову  $r_k > r_j$ . Результати дослідження визначення оптимальної DLP-системи наведені на рис. 2.

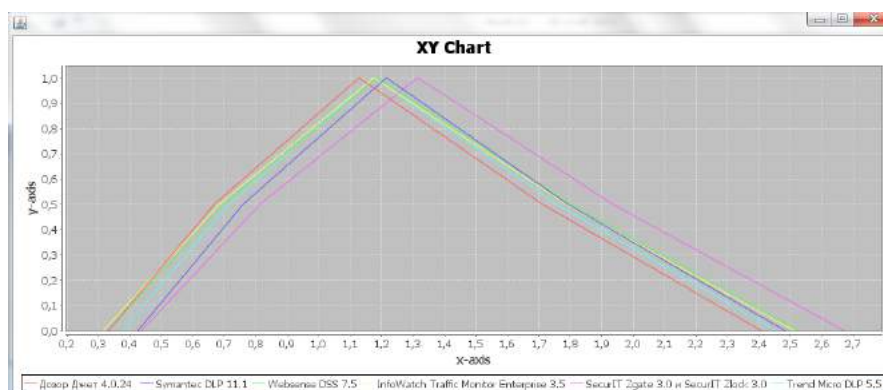


Рис. 2 – Порівняння DLP-систем на основі зважених оцінок

В результаті виконання роботи було визначено рівень безпеки інформаційної системи підприємства та обрано найкращу, відповідно до заданих умов, DLP-систему. Запропонований метод дозволяє обрати оптимальну DLP-систему індивідуально для кожного підприємства із розумінням того, які задачі вона має вирішувати. Таким чином, процес вибору системи захисту інформації від витоків даних дає змогу застосовувати індивідуальний підхід для кожного підприємства та зменшує рівень суб'єктивного підходу під час оцінки запропонованих DLP-систем.

#### Список літератури:

1. Домарев В.В. Безопасность ИТ: Системный подход / В.В. Домарев – К.:ООО ТИД «Диасофт», 2004. – 992 с.
2. Бармен С. Разработка правил информационной безопасности / С. Бармен – М.: ИД "Вильямс", 2002. – 208с.
3. Андрейченков А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейченков, О. Н. Андрейченкова – М.: «Финансы и статистика», 2000. – 205с.

**Г.Г. МЕЛЬНИКОВА, М.І.БЕЗМЕНОВ**, канд. техн. наук, професор

**Математичне та комп'ютерне моделювання системи керування електричними навантаженнями з циклічним характером роботи**

Актуальність проблеми управління використанням електроенергії є суттєвою для всіх країн світу, де нерівномірно споживається електроенергія протягом доби, у робочі та вихідні дні тижня, у різні сезони року, а також де недостатньо маневрових енергогенеруючих потужностей, які вкрай необхідні для ефективного покриття потреби в електроенергії, особливо в періоди пікового попиту на неї [1].

Енергія, і зокрема електрична, відіграє дуже значну роль у розвитку індустріального суспільства. Управління використанням електричної енергії є однією з найважливіших проблем комплексу принципів питань енергетики розвинутих країн світу і розглядається вона як альтернатива розвитку традиційних генеруючих потужностей. Ефективне вирішення цієї проблеми залежить від комплексного розгляду принципів питань: розробки і впровадження прогресивної системи тарифів на електроенергію, яка має стимулювати наступне: створення моделей, методів і програмного забезпечення для управління електричним навантаженням; забезпечення постачальників і споживачів електроенергії сучасними технічними засобами обліку та управління електроспоживанням; розробку і впровадження дійової нормативно-правової бази управління використанням електричної енергії.

Існує велика група споживачів електроенергії, які мають циклічний характер роботи. До них відносять холодильні установки, різноманітні нагрівачі, системи вентиляції та кондиціювання повітря та інші пристрої, цикл роботи яких складається з періодичного включення та відключення. Такі споживачі можуть використовуватись для регулювання графіків навантаження за рахунок їх тимчасового відключення від електромережі.

Для керування електричним навантаженням по відключенню застосовують наступні методи:

- по миттєвій нормі;
- по ідеальній нормі;
- по упередженню (керування по параметру, що прогнозується);
- керування з використанням усередненої потужності на ковзному інтервалі часу (метод «вікна, що рухається»);
- комбіновані методи;
- по розподілу керуючого впливу.

Кращим слід вважати метод керування, який забезпечує для більшого числа споживачів випадковий за часом характер розподілу можливих нетривалих викидів навантаження, їх мінімальне абсолютне значення, а також

повніше використання споживачем значень договірної потужності або виділених йому лімітів потужності і енергії.

Як основні критерії визначення меж застосовності використовується економічна доцільність і технологічна допустимість. Методи миттєвої норми використовується у край рідких випадках перевищення ліміту потужності, метод ідеальної норми і по упередженню використовується при частих випадках перевищення ліміту потужності. Найбільш ефективними при глибоких обмеженнях є методи управління по розподілу керуючого впливу і «вікна, що рухаються» [2].

Робота присвячена моделюванню систем керування електричними навантаженнями з циклічним характером функціонування з метою вирівнювання графіків завантаження та аналізу ефективності проведення таких заходів.

У роботі розроблена математична та програмна моделі споживача електроенергії з циклічним характером функціонування. Ця модель урахує вплив на роботу споживача різноманітних чинників, таких як погодні умови, а також дає можливість змодельовати роботу великої кількості таких споживачів у системі електропостачання.

За допомогою розробленої моделі можна проаналізувати роботу системи керування, яка використовує різні алгоритми вирівнювання графіка навантаження, та порівняти їхню ефективність у залежності від зміни зовнішніх чинників, які впливають на функціонування споживачів електроенергії.

Для забезпечення максимально вирівняного графіку навантаження (при визначенні моменту підключення окремих навантажень) застосовується метод пріоритетно-крокового вирівнювання, що дозволяє отримати груповий графік навантаження з мінімальним значенням дисперсії [3].

Інтерфейс розробленого програмного комплексу дозволяє задавати кількість і параметри споживачів-регуляторів, а також керувати їхньою роботою у відповідності до обраного алгоритму вирівнювання графіку навантаження та його параметрів. Результати моделювання відображаються у вигляді графіку навантаження та параметрів, що його характеризують.

Результати моделювання, які отримані в ході дослідження реальних навантажень конкретного підприємства, можуть бути використані для техніко-економічного обґрунтування можливості застосування систем керування електричними навантаженнями. При цьому, знаючи діючі тарифи на електроенергію і вартість впровадження системи керування на підприємстві, можна легко прогнозувати термін окупності цього заходу.

#### **Список літератури:**

1. Волобринский, С. Д. Электрические нагрузки и балансы промышленных предприятий. – М.: Энергия. 1996. – 122 с.
2. Праховник, А. В. Методы и средства управления электропотреблением. – К.: Наук. думка, 1996. – 281 с.
3. Гордеев, В. И. Регулирование максимума загрузки промышленных электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 44 с.

**О.Д. ПЕРЕЛЬОТОВА, Н.І. БЕЗМЕНОВ**, канд. техн. наук, професор

### **Розробка інтерактивної інформаційної системи торгового підприємства з підтримкою internet-магазину**

Web-сайт - це своєрідний інтерфейс між підприємством та його оточенням: партнерами, постачальниками, клієнтами. Тому створення сайту є одним з головних завдань підприємницької діяльності, в тому числі і в мережі Internet. В теперішній час все більша кількість компаній починає використовувати мережу Internet для обміну інформацією та для оптимізації роботи з клієнтами. Найпоширенішою формою присутності у мережі є створення сайту (Web-представництва). Структурована інформація сайту дає змогу партнерам і клієнтам отримати повне уявлення про підприємство і його діяльність. Споживач одержує з рекламних банерів сайту і комерційних та ділових видань багато корисних Web-адрес, з яких можна дізнатися ціни, замовити товари. Такий спосіб передачі повідомлень потенційним клієнтам ефективніший за звичайні засоби комунікації: пошту, телефон, факс. За допомогою таких обов'язкових елементів, як інтерфейс або навігація, клієнт може самостійно вибрати необхідну для вивчення інформацію. Сайт є доповненням до рекламної кампанії, забезпечуючи можливість зворотного зв'язку й інтерактивної роботи з даними підприємства.

Створення internet-магазину - питання актуальне. Статистика показує: все більше компаній пропонують свій товар у мережі Internet. Прогрес не стоїть на місці і в недалекому майбутньому всі справи будуть здійснюватись через мережу. У свою чергу, торгівля також прогресує і в найближчому майбутньому займе одну з головних позицій в глобальній мережі.

Internet - магазини істотно зменшують витрати підприємства, заощадивши на утриманні звичайного магазину, розширюють ринки збуту. Існує близько 970 мільйонів користувачів Інтернету, що приблизно складає 15% населення світу. Таким чином, найбільш ефективний спосіб отримати потенційних клієнтів з усього світу – це інтернет-маркетинг .

Сайти не мають територіальних кордонів. Вони є міжнародними. Завдяки проектуванню сайту отримується хороший канал бізнесу. Наявність Web-сайту означає, що бізнес відкритий і доступний цілодобово і протягом року. Сайт передає закладену в нього інформацію протягом декількох секунд.

Все, що було наведено раніше, надає internet-магазинам перевагу перед звичайними магазинами. Ці якості є істотними під час переходу виробників із «звичайної» торгівлі на «електронну» [1].

Таким чином, актуальною задачею є розробка інтерактивної інформаційної системи для підприємства, яке займається виготовленням тентів та салонів для яхт, катерів та моторних човнів і продажем продукції з підтримкою internet-

магазину з метою підвищення рівня продаж підприємства та зменшення витрат на етапі реалізації продукції.

Дана робота присвячена розробці інтерактивної інформаційної системи торгового-виробничого підприємства з підтримкою internet-магазину з метою підвищення рівню продаж підприємства та аналізу ефективності впровадження і впливу даної системи.

В результаті розробки було отримано систему з основними функціональними можливостями, якими можна керувати за допомогою вбудованого інтерфейсу сайта: управління структурою, редагування змісту, інтерактивні сторінки, електронний магазин, статистика відвідування.

Розроблена інтерактивна інформаційна система підприємства містить такі розділи:

- інформацію про підприємство (історія створення, основні досягнення, відгуки клієнтів і партнерів);
- пропозиції продукції підприємства (цінові і технічні характеристики, каталоги, умови постачання, опис переваг);
- розділ технічної підтримки (консультації, рекомендації та особливості застосування);
- додаткову інформацію про діяльність компанії (аналітичні матеріали, статистика тощо);
- форми для замовлення продукції;
- лічильник кількості відвідувачів;
- рубрику поточних новин;
- реєстраційну форму для відвідувачів, що є потенційними клієнтами.

Дана система виконує наступні функції:

- реклами послуг і товарів;
- прийняття замовлень;
- опрацювання замовлень;
- продажу послуг і товарів.

Необхідно зауважити, що проект має ряд недоліків, основними з яких є складна система замовлення та незручна система оплати.

В результаті впровадження даної інтерактивної інформаційної системи торгового підприємства з підтримкою internet-магазину було доведено, що дана система має великий вплив на збільшення рівню продаж та зменшення витрат підприємства.

### **Список літератури:**

1. Алексеев А.А. Как сделать рекламу Вашей фирмы в сети Интернет: Пошаговое руководство для фирм, желающих сделать рекламу своей продукции в сети Интернет.— М: Dux comp, 1997. — 26 с.
2. Нольден М. Ваш первый выход в Internet: Для начинающих пользователей Internet и широкого круга пользователей PC / Гл. ред. Е.В. Кондукова; Пер с нем. К.А. Шиндер. — Спб.: ИКС, 1996. — 238 с.

**М.С. ПИЛИПЕЦЬ, Д.Л. ОРЛОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доцент

### **Дослідження особливостей використання ВІ рішень Microsoft при аналізі діяльності торгівельного підприємства**

Широке розповсюдження технологій автоматизованої обробки великих обсягів даних, що накопичуються в комп'ютерних системах, зробило дуже актуальними задачі збереження, аналітичної обробки інформації та пошуку неявних взаємозв'язків, існуючих в наборах даних. Для вирішення даних задач використовуються методи математичної статистики, теорії баз даних, теорії штучного інтелекту та ряду інших областей, разом що формують технології аналітичного (OLAP) та інтелектуального аналізу даних (DataMining). Технологія DataMining (DM) напряду пов'язана з OLAP. Однак, моделі, методи і технології ще не знайшли широкого застосування в інформаційно-управляючих системах виробничих підприємств. Зокрема, це можна пояснити тим, що реалізовані в програмних продуктах з DM алгоритми є «чорною скринькою», хоча самі математичні методи й алгоритми описані в різних джерелах [1,2].

Набір алгоритмів DM, що входять в Microsoft (MS) SQL Server 2008 (служби Analysis Services) [2], дозволяють проводити різні види аналізу даних (табл. 1).

Таблиця 1

#### **Класифікація алгоритмів DM, що реалізовані у ВІ платформі MS**

<b>Задача</b>	<b>Підходящі алгоритми Microsoft</b>
Прогнозування дискретного атрибута.	Алгоритм дерева прийняття рішень Спрощений алгоритм Баєса Алгоритм кластеризації
Прогнозування безперервного атрибута.	Алгоритм дерева прийняття рішень Алгоритм часових рядів
Знаходження груп суспільних елементів у транзакціях.	Алгоритм взаємозв'язків Алгоритм дерева прийняття рішень

Найбільш часто при аналізі діяльності торгівельного підприємства застосовується Алгоритм MS Time Series. Це обумовлено тим, що зазвичай аналіз проводиться на основі використання KPI (Key Performance Indicators) [3]. Для показників у часі постійно будується фактична траєкторія змін їх значень, яка порівнюється з плановою. Також виникає необхідність прогнозування фактичної траєкторії з метою завчасного прийняття рішень щодо запобігання виникнення проблемних ситуацій. Алгоритм MS Time Series створює моделі, призначені для прогнозування значень безперервних змінних за часом з використанням як OLAP, так і реляційних джерел даних.

Ціллю роботи є дослідження особливостей та обмежень використання алгоритму Microsoft Time Series при аналізі діяльності торгівельного підприємства.

Дослідження проводилося на прикладі підприємства, що спеціалізується на продажі автомобільних запчастин та розхідних матеріалів. Виходячи зі структури оперативної бази даних підприємства, було створено сховище даних, у яке за допомогою розробленої ETL-процедури засобами середовища SQL Server Integration Services переносилися дані, необхідні для аналізу діяльності підприємства та обчислення показників ефективності. Після заповнення сховища даних, враховуючи його структуру, було створено OLAP-куб даних засобами SQL Server Analysis Services для швидкого доступу та аналітичної обробки інформації, отриманої на основі даних у сховищі. В якості прикладу було проведено прогнозування показника "Кількість проданих масляних фільтрів". Для прогнозування було створено DM модель, з застосуванням алгоритму MS Time Series. В результаті зіставлення даних було встановлено, що прогноз не відповідає дійсності з великою похибкою. Було встановлено, що алгоритм потребує на вхід згладжені дані, через відсутність вбудованих методів розпізнавання та відповідної обробки так званих "викидів", які є характерними при аналізі діяльності торгівельної фірми.

Для вирішення проблеми обробки "викидів" алгоритмом MS Time Series було розроблено спеціальну процедуру у сховищі даних, за допомогою якої до DM моделі заносилися дані з експоненціальним згладжуванням. Порівняння отриманого прогнозу з попереднім приведено на рис.1.

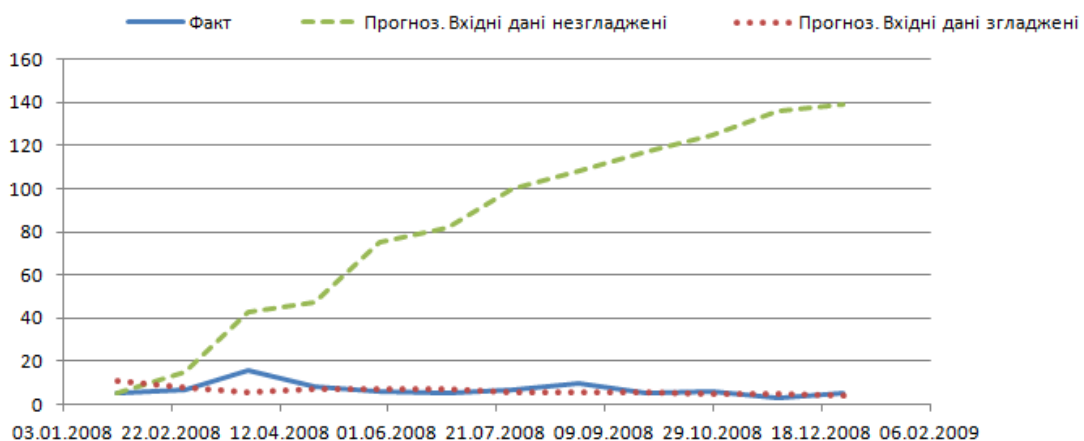


Рис. 1 – Прогнози з попереднім згладжуванням вхідних даних та без нього

В результаті проведеного дослідження було встановлено, що попереднє згладжування вхідних даних призводить до побудови більш точного прогнозу алгоритмом Microsoft Time Series.

#### Список літератури:

1. Новіков Д.А. Теория управления организационными системами /Д.А.Новіков. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
2. Мескон М. Основы менеджмента / М. Мескон, М. Альберт,Ф. Хедоури. – М.: Дело, 2006. – 720 с.
3. Друкер П. Эффективное управление / П. Друкер. – М.: Астрель, 2004. – 288 с.



**Я.О. ПІДДУБНА, Н.А. МАРЧЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Розробка web-орієнтованої інформаційної системи туристичного агентства**

Сучасні інформаційні технології – це сукупність методів і засобів отримання і використання інформації на базі обчислювальної і інформаційної техніки, з широким застосуванням інформаційних методів. Інформаційні технології застосовуються практично всюди. Технології планування і управління, наукових досліджень і розробок, експериментів, проектування, грошово-касових операцій, подорожей, криміналістики, медицини, освіти та ін.

Основна ціль використання інформаційних технологій – автоматизація виробничої або адміністративної діяльності.

Персональний комп'ютер та Інтернет, їх доступність і надійність, сприяють проникненню в усі сфери суспільства нових інформаційних технологій. Це пов'язане з активними розвитком Internet, що вимагає тепер не тільки забезпечення обміну інформацією, а також і створення для користувачів вільного кооперативного використання різноманітних інформаційних ресурсів [1]. Ці технології забезпечують зростання продуктивності у сфері послуг, зокрема і в туризмі. Адже туризм і інформація нероздільні. Основним інформаційним елементом комерційної частини Internet являються сайти.

Зараз вже важко представити ефективну роботу туристичної фірми без власного сайту. Для туристичного агентства – це швидкий вихід на клієнтів, дуже вигідна реклама, економія часу та грошей. Він включає інформацію про послуги та конкретні пропозиції – бронювання, наявність та акції, а також надає необхідну інформаційну допомогу в послугах туристичного агентства.

В магістерській роботі поставлено за мету розробити власну web-орієнтовану інформаційну систему туристичного агентства, що дозволяла б оперативно та без ускладнень інформувати клієнтів про існуючі пропозиції та послуги. Для досягнення поставленої мети необхідно:

- 1) проаналізувати значення інформаційних технологій та виявити особливості розвитку у сфері туризму;
- 2) вивчити специфіку роботи туристичних агентств та проаналізувати використання Internet в туристичній діяльності;
- 3) розглянути види та особливості проектування існуючих баз даних;
- 4) розробити ER-модель бази даних туристичного агентства;
- 5) провести вибір та обґрунтування засобів програмної реалізації;
- 6) розробити логічну та фізичну структуру сайту;
- 7) розробити базу даних для зберігання інформації;
- 8) за допомогою обраних клієнт/серверних технологій розробити сайт-візитку туристичного агентства та протестувати його.

У зв'язку з необхідністю розробки бази даних для зберігання інформації була обрана модель «сутність-зв'язок». В цій моделі речі, облік яких бажає вести користувач, представляються сутностями, а взаємовідносини між цими сутностями представляються відповідними зв'язками. На основі моделі «сутність-зв'язок» була розроблена ER-модель предметної області.

Для проектування сторінок сайту були використані: система візуального програмування, так звана - Система Управління Контентом (CMS) та локальний сервер. Так як для сайту-візитки туристичного агентства дуже важливо публікувати різноманітні мультимедіа файли, вести блоги та коментарі, була обрана CMS WordPress. Для зручності роботи з локальними сайтами був обраний локальний сервер – Denwer. На основі розробленої ER-моделі була створена база даних туристичного агентства у системі CMS WordPress.

Система CMS WordPress має два основні розділи панелі управління: блок контенту та блок налаштування. Блок контенту надає інформацію про такі розділи як: тури, новини, галерея, пошук та замовлення турів, гарячі тури та тури за країнами. Блок налаштування дозволяє виконувати:

- 1) налаштування дизайну сайту і розташування структурних блоків на його сторінках;
- 2) встановлення і керування розширеннями WordPress – так званими плагінами;
- 3) керувати зареєстрованими учасниками сайту, в тому числі додавати та видаляти користувачів, редагувати профілі та реєстраційні дані існуючих юзерів, а також назначати їм відповідні ролі та права [3].

Реалізація сайту виконана за допомогою синтезу клієнтських та серверних технологій: HTML, CSS, JavaScript та PHP і сервера баз даних MySQL.

Розроблена система в повному обсязі надає інформацію про існуючі пропозиції, дозволяє проводити пошук за різноманітними критеріями (ціна, кількість днів, країна, місто) реєструвати нових та редагувати існуючих клієнтів, виконувати електронне замовлення турів. Крім того, в системі передбачений розподіл функціональних можливостей в залежності від типу користувача: адміністратор має можливість редагування всієї існуючої інформації, зареєстрований користувач має можливість замовлення турів та відповідно їх перегляд, тим часом як незареєстрований користувач має можливість тільки перегляду інформації.

У результаті була розроблена та протестована web-орієнтована інформаційна система туристичного агентства. Вважаю що створена система послужить гарним прикладом електронного виду каналу реалізації туристичних послуг.

#### **Список літератури:**

1. Родигин Л.А. Інформаційні технології в готельному і туристичному бізнесі. – М.: РМАТ, 2005.
2. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. – М.: Вильямс, 2006.
3. Грачев А. Создаем свой сайт на WordPress. Быстро, легко и бесплатно. – М: Питер, 2011.

**В.С. ПОЗНЯКОВ, С.В. ШЕВЧЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Формування сценаріїв розвитку для управління станом складних виробничих систем на прикладі електроенергетики**

Ефективне виробництво, постачання та розподіл електроенергії є важливішою умовою для сталого розвитку економіки держави. Тому формування стратегічних планів підтримки рішень в питаннях вибору варіантів розвитку енергосистеми та її складових підсистем є важливою і актуальною задачею [1].

Функціональна структура енергосистеми, технологічні зв'язки між підсистемами, між окремими етапами виробництва, постачання та споживання електроенергії призводять до необхідності розгляду не окремих варіантів зміни складових підсистем і їх елементів, а послідовних пов'язаних між собою підмножин варіантів розвитку компонент енергосистеми, які супроводжуються різними оцінками впливу на загальну ефективність. Побудова підмножин пов'язаних варіантів розвитку в залежності від поточного стану компонент енергосистеми відповідає формуванню сценаріїв динаміки зміни стану енергосистеми в цілому [2], що дозволяє оцінювати кінцеву ефективність таких дій та формувати рекомендації для особи, що приймає рішення.

Метою роботи є дослідження технологій використання сценаріїв для управління розвитком енергосистеми у складі інформаційної системи підтримки прийняття рішень.

Використання сценаріїв дозволяє моделювати відтворення подій у динаміці зміни станів системи та враховувати вплив внутрішніх і зовнішніх факторів, що дозволяє формувати стратегії розвитку з оцінками ефективності.

Для вирішення цієї задачі потрібно використання адекватних математичних та алгоритмічних моделей, інформаційного та програмного забезпечення, які дозволять виконати багатоваріантні розрахунки з оцінками ефективності, ризиків, витрат, створювати послідовності етапів впровадження обраних сценаріїв розвитку з урахуванням обмежень на матеріальні, фінансові та трудові ресурси.

#### **Список літератури:**

1. Шевченко, С.В. Автоматизация управления в электроэнергетике/С. В. Шевченко // Матеріали конференції АВТОМАТИКА / AUTOMATICS. – 2012. – С. 314.
2. Шевченко, С.В. О выборе стратегий раннего предупреждения проблемных ситуаций в электроэнергетике / С. В. Шевченко // Системний аналіз, управління та інформаційні технології”. – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2011. – № 35. – С. 38-42.
3. Подоляк, И., Сараев А. Опыт сценарного программирования процессов глобализации / И. Подоляк, А. Сараев // Экономические стратегии», – 2004. – № 7. – С. 27-30.

**А.О. ПОЛЯКОВ, А.Е ГОЛОСКОКОВ**, канд. техн. наук, профессор

### **Задача управления питанием котла ТПП-200-1**

На Украине в данный момент функционирует множество тепловых электростанций, на которых установлены различные виды котлов. Все они отличаются друг от друга, но их объединяет один параметр – это питание. Водяное питание котлов является одной из важнейших составляющих в процессе работы электростанций, поэтому оно выполняется особенно надежно.

Процесс питания котлов электростанций, на сегодняшний день, один из наиболее динамично развивающихся секторов отрасли электроэнергетики. Исследование процесса питания котла ТПП-200-1 является актуальным, так как от его правильного функционирования зависит работа всей электростанции, потому что он не имеет резервных компонент и если выйдет из строя хотя бы один его корпусов, то сразу же уменьшатся показатели выработки электроэнергии.

Котел ТПП-200-1 состоит из двух корпусов и если выходит из строя хотя бы один объект, то снижается и выработка электроэнергии [2]. Процесс питания котла ТПП-200-1 не является простым и имеет сложную структуру. Одним из основных критериев обеспечения правильного прохождения процесса является информационная технология управления питанием котла. Она обеспечивается работой регулирующего питательного клапана, для которого собирается информация о давлении поступающего пара, температуре и уже с его помощью регулируется начальная стадия управления процессом питания [1].

Постановка задачи исследования. Обеспечить такую работу регулирующего питательного клапана, при которой работа котла ТПП-200-1 будет оптимальной. Описать это можно так – получив данные о расходе и давлении поступающего на котёл пара отрегулировать регулирующим питательным клапаном эти данные до оптимальных, что бы процесс нагрева пара в котле проходил без ошибок [3]. Работа клапана обеспечит наименьшую вероятность возникновения аварийных ситуаций, связанных с питанием котла.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать следующие подходы: классическую теорию управления, современную теорию управления, нейросетевые технологии и применение теории нечётких множеств. На основе выше указанных подходов будет разработано математическое, информационное и программное обеспечение системы управления. Так же будет проведено исследование управления питанием котла ТПП-200-1.

#### **Список литературы:**

1. *Зеленский С.А.* Автоматические системы регулирования котлоагрегата / Николаевка, 2007. - С. 15.
2. *Придубко А.Н., Зеленский С.А.* Инструкция по эксплуатации прямоточного котла ТПП-200-1 блока 800МВт №7 / Николаевка, 2012. - С. 6-26.
3. *Онищенко И.П.* Клапан регулирующий питательный Ду250 / Николаевка, 2007.- С. 4.

**Д.С. РЫБАКОВ**, **А.С. КУЦЕНКО**, докт. техн. наук, профессор

### **Метод решения систем линейных уравнений с использованием подходов теории управления**

Довольно часто в некоторых практических задачах возникает необходимость решения систем нелинейных уравнений, для которых не всегда есть возможность найти решения в явном виде, потому применяются разного рода численные методы, такие как: метод простой итерации, метод Ньютона (Ньютона-Рафсона), метод Зейделя и другие методы, а также их модификации [1].

Указанные методы имеют недостатки, такие как заикливание, потеря значений, вырождение значений переменных, при попадании в точки бифуркации.

Поэтому актуальной задачей является создания нового метода, который был бы лишен указанных выше недостатков. Эта задача может быть решена использованием метода, который бы вел себя более адаптивно, корректируя себя на каждом шаге, что может быть реализовано при использовании подходов теории управления.

Рассмотрим систему уравнений в векторной форме:

$$F(X) = 0, X \in R^n. \quad (1)$$

Вместо системы (1) будем рассматривать множество систем вида:

$$F(X) = U, X \in R^n, \quad (2)$$

где  $U \in R^n$  - произвольный вектор.

Очевидно, что при  $U = 0$  уравнения (2) переходят в (1).

Сформулируем теперь задачу о решении системы (1) как последовательность решений систем (2), при  $U$  изменяющимся от некоторого  $U^0$  до  $U = 0$ . Иными словами,  $U$  можно рассматривать как управление в пространстве переменных системы уравнений (2).

Продифференцируем (2) по некоторому параметру  $t$ . Пусть  $t \in [0,1]$ :

$$\frac{\partial F}{\partial x} \dot{X} = \dot{U}, \quad (3)$$

где  $\frac{\partial F}{\partial x} = W(x)$  - матрица Якоби.

Обозначая,  $\Phi(x) = W^{-1}(x)$ , и  $\delta = \dot{U}$ , вместо (3) можно записать:

$$\begin{cases} \dot{X} = \Phi(X)\delta, \\ \dot{U} = \delta. \end{cases} \quad (4)$$

Если теперь рассматривать величину  $\delta$  как управляющую переменную, то (4) представляет собой систему  $2n$  дифференциальных уравнений с управлением  $\delta$ .

Пусть  $X^0$  - некоторое произвольное приближение вектора решения (1). Ему соответствует значение  $U = U^0$ , вычисляемое в виде:

$$F(X^0) = U^0 \quad (5)$$

Векторы  $X^0$  и  $U^0$  примем за начальные значения управляемого процесса при  $t = 0$ .

Будем искать закон управления  $\delta(t), t \in [0, 1]$  так, чтобы траектория системы (4) в момент  $t = 1$  закончилась в точке  $U(1) = 0$ . Тогда, получившееся при этом значение  $X(1)$  и будет искомым решением (1).

Простейшим алгоритмом для  $\delta(t)$  является  $\delta(t) = -U^0$ .

Тогда  $U(t) = U^0 - U^0 t$  в силу (4). То есть при  $t = 1; U(1) = 0$ .

Таким образом решение сводится к интегрированию первой подсистемы (4):

$$\dot{X} = -\Phi(X)U^0 \quad (6)$$

при произвольных начальных условиях  $X^0$ . При этом  $U^0$  находится из соотношения (5).

Решение дифференциального уравнения (6) в точке  $t = 1$  совпадает с искомым решением исходной системы (1).

Для оптимизации вычислительного процесса существует ряд методов позволяющих ускорить процесс интегрирования (6) без прямого обращения матриц на каждом шаге [2].

### Список литературы:

1. Вержбицкий В.М. Численные методы (линейная алгебра и нелинейные уравнения): Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высш. Шк., 2000. – 266с
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1974. – 832 с..

**А.А. СЕРЕДИН, С.В. КОВАЛЕНКО**, ст. преподаватель

### **Разработка программного обеспечения для коррекции растровых графических изображений**

Современная компьютерная графика открывает для пользователей, являющихся как любителями, так и профессионалами, большие возможности для создания и редактирования изображений. Каким бы качественным ни был новый снимок, даже на нем могут присутствовать недостатки – это, так называемые, цифровые шумы, пыль и другие нежелательные мелочи.

Восстановление маленьких поврежденных частиц изображения практикуется издавна, широко используется в реставрации художественных работ. Этот процесс известен как inpainting или ретуширование [1]. Данное искусство состоит в заполнении недостающих областей или корректировке поврежденных, таким образом, чтобы зрителю не бросалась в глаза несоответствие. Ретуширование изображений применяется в реставрации фотографий, фильмов и картин, а также при удалении окклюзий (помех), таких как текст, субтитры, марки и реклама с изображения. Дополнительно, ретуширования может использоваться для создания специальных эффектов.

В узком смысле ретуширования фото – устранение ненужных деталей изображения, муара, подавления шумов (зернистость, артефакты сжатия, царапины на оригинале), изменение композиции [2]. Часто композицию изображения можно улучшить с помощью кадрирования (выравнивание фото), удалив лишние области по краям.

Приведем классификацию видов ретушей фотографий:

- портретная ретушь позволяет устранить явные, наиболее заметные дефекты кожи человека;
- гламурная ретушь фотографий. Основная задача – приукрасить действительность, довести изображение объекта до совершенства;
- промышленная ретушь фотографий ставит перед собой цель представить более отчетливое изображение машин, аппаратов, приборов, таким образом подчеркнуть их внешний вид, конструкцию, принцип действия;
- стилистическая ретушь фотографий предусматривает изменение стиля или даже эпохи, в которой была сделана данная фотография;
- фотомонтаж (коллаж) – произвольное соединение, иногда даже не взаимосвязанных между собой, нескольких стилей фотоизображения в одной фотографии;
- реставрация фотографий представляет собой комплекс работ по восстановлению поврежденных фотографий и коррекции старых.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения для ретуширования и корректировки графических изображений. Пользователь в интерактивном режиме выделяет локально небольшую область, которую

необходимо изменить. На выходе получаем новое изображение, которое не будет содержать заметных для человеческого зрения недостатков в указанной области.

Большинство существующих методов коррекции изображений разработаны для интерактивного применения. Это вызвано тем, что определение «недостатков» является достаточно субъективным, поэтому в данном случае ставится задача не избавиться от шумов, а «дорисовать» объект или «зарисовать» некую область [3].

Основная идея ретуширования графических изображений заключается в постепенном распространении информации от границы области, которую необходимо зарисовать, в ее середину. Простейшим вариантом заполнения области информации является заполнение точек в порядке возрастания расстояний между ними и начальной границей как среднее арифметическое или взвешенная сумма (можно использовать и другую зависимость) из известных соседних пикселей. Можно слегка изменить алгоритм, если к способу упорядочения добавить еще и информацию о градиенте точек [4]. Например, в первую очередь необходимо обрабатывать точки, имеющие абсолютное значение градиента большее, чем соседние. При этом возможно применение большого значения градиента как барьера, предполагающего не использовать информацию из того направления, в котором градиент соседнего пикселя превышает пороговую величину.

Пример описанного функционирования системы представлен на рисунке 1:



Рис. 1 – Технология устранения дефектов растровых изображений

В ходе проведенных исследований были реализованы методы автоматической корректировки растровых графических изображений.

#### **Список источников:**

1. Гнатюк С.П. Цвет. Управление цветом, цветовые расчеты и измерения / С.П. Гнатюк, М.В Домасев– Питер, 2009г.
2. Шикин Е.В. Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения / Е.В. Шикин, А.В. Боресков– Диалог-Мифи, 1995г.
3. Васильев В.Е. Компьютерная графика /В.Е. Васильев, А.В. Морозов – Санкт-Петербург, 2005г.
4. Michael E. Tashler A comparative analysis of image inpainting techniques – Department of computer science, 2006y.



**В.В. СОЛОД, Л.Б. КАЩЕЕВ**, канд. техн. наук, доцент.

### **Розробка програмного забезпечення для ведення складського обліку**

Комп'ютерний облік має свої особливості й радикально відрізняється від паперового. При застосуванні комп'ютера «кількість переходить в якість»: збільшення швидкості розрахунків дає можливість якісного поліпшення самої схеми побудови торгівлі.

На цей час розроблено декілька систем призначених для малих і середніх підприємств різної галузевої приналежності, такі як:

- система «Парус – Підприємство 7»;
- система «1С: Торгівля і склад».

Розглянемо можливості кожної існуючої системи. Першою системою, що розглянемо з точки зору реалізації – це система «Парус-Підприємство 7» призначено для малих і середніх госпрозрахункових підприємств різної галузевої приналежності (торгівля, сфера послуг, елементарно виробництво, реклама, громадське харчування, туризм, іноземні компанії та ін.)

«1С: Торгівля і склад» призначена для обліку будь-яких видів торгових операцій. Завдяки гнучкості і налаштовувальності, система здатна виконувати всі функції обліку – від ведення довідників і введення первинних документів до отримання різних відомостей і аналітичних звітів.

Фахівцями розроблена конфігурація системи «1С: Торгівля і склад», яка автоматизує роботу на всіх етапах діяльності підприємства.

Використання коштів управління розподіленими інформаційними базами не обмежує дії користувачів системи. Всі зміни даних система відслідковує автоматично і передає їх відповідно до описаних правилами синхронізації.

У процесі написання дипломної роботи була розглянута існуюча в ОАО «Аніка – Днепр» система складського обліку, обґрунтована необхідність використання обчислювальної техніки й техніки для збору даних для розв'язку цього завдання. Стало можливим зниження числа службовців, зайнятих у роботі з обліку складських операцій і реалізації продукції в ОАО «Аніка – Днепр».

#### **Список літератури:**

1. Нокс Дэвид. Создание эффективной системы безопасности для Oracle Database 10g . – М., Лори, 2007. – 576 с
2. Фейерштейн С., Прибыл Б. Oracle PL/SQL для профессионалов. – Москва, Питер, 2011. – 800 с.
3. Oracle PL/SQL для профессионалов / Рон Хардман, Майкл МакЛафлин. – СПб, Лори, 2007. – 418 с.
4. Ричард Дж. Нимик. Oracle9i. Оптимизация производительности. Советы и методы. – М., Лори, 2006 г. – 726
5. Джейсон Прайс. SQL для Oracle 10g. – М., Лори, 2007. – 566 с.

**К.О. ТАРАСЕНКО, С.В. ОРЕХОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Розробка програмного забезпечення для дослідження множини ключових слів на прикладі ринку побутової техніки та електроніки**

Інформація, яку залишають користувачі в мережі Інтернет несе в собі маркетингову цінність. А саме на основі неї можна виявити нові події чи факти, які так чи інакше впливають на ринкову ситуацію.

Останні дослідження підтвердили той факт, що інформаційні потоки відображають ринкові події [1]. Тому виникає необхідність аналізувати інформаційні потоки зокрема потоки Інтернет новин, повідомлення користувачів у соціальних мережах, відгуки у дошках об'яв про той чи інший товар або послугу і так далі. В роботі пропонується реалізувати перший етап такого аналізу – створення словника ключових слів, що описують ринкову подію на основі відгуків у дошці об'яв. У якості прикладу розглянуто ринок побутової техніки та електроніки.

Словник, що створюється, включає множину ключових слів, яка динамічно змінюється в залежності від ринкових подій у часі. У якості критерію відбору ключових слів, що описують ринкові події була обрана міра TF-IDF [2].

Після розрахунку даного показника наступним кроком є лематизація слів, тобто приведення їх до нормальної (словникової) форми.

На основі отриманих результатів обирається множина ключових слів, які мають найбільше значення TF-IDF.

Далі здійснюється пошук зв'язку між словами. Для цього використовуються асоціативні правила (market basket analysis) [3] та сервіс Wordstat пошукової системи Яндекс.

Результатом роботи є розроблене ВЕБ орієнтоване програмне забезпечення у вигляді дошки об'яв з використанням компоненти «хмара тегів». Цей компонент візуалізує перші десять комбінацій ключових слів. Кожна комбінація описує множину ключових слів, які відображають попит на ринку побутової техніки та електроніки Харкова.

#### **Список літератури:**

1. Черенков И.А. Обоснование прогнозирования цен полимеров посредством новостного потока / И.А. Черенков, С.В. Орехов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр, 2010. – №5/7 (47). – С. 18-21.
2. What does tf-idf mean? // <http://www.tfidf.com/>, 13.11.13.
3. Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В., Холод И. И. Технологии анализа данных. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP – 2 изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ - Петербург, 2007. – С.124-142.

**Д.О. ТОНКОПЄЄВА, А.В. КІШКІНОВА, І.В. КОНОНЕНКО** докт. техн. наук, професор

### **Розробка програмного забезпечення для оптимізації змісту проекту за п'ятьма критеріями при нечітких вхідних даних**

Управління проектами сформувалося в останні десятиліття і стало загальноновизнаною методологією здійснення проектів. Воно перетворилося на невід'ємну частину ведення бізнесу та загальнолюдської культури. Управління проектами має життєво важливе постійно зростаюче значення в розвитку економіки і суспільства. Це діяльність, в ході якої визначаються і досягаються чіткі цілі проекту при балансуванні між обсягом робіт, ресурсами (такими як гроші, праця, матеріали, енергія, простір та ін.), часом, якістю та ризиками.

До недавнього часу кожний проект розглядався як трикутник, в якому збалансовані час, вартість та зміст проекту. Зміна одного з факторів приводить до зміни іншого та впливає на якість проекту. Для зацікавлених сторін важливою є якість продукту проекту, яка істотно залежить від його змісту. Ще одним важливим фактором є ризики, що пов'язані з даним проектом. Більшість проектів є інвестиційними і для них провідною характеристикою є прибуток на стадії експлуатації. Для управління змістом проекту необхідно розглядати набір усіх цих характеристик.

На сьогоднішній день розроблено моделі та методи оптимізації змісту проекту, а також програмні засоби для мінімізації термінів виконання робіт за проектом при обмеженнях на його вартість, для мінімізації витрат за проектом при обмеженнях на терміни виконання робіт [1, 2]. Існує програмне забезпечення для двокритеріальної оптимізації змісту проекту при обмеженні на якість [3].

Метою даної роботи була розробка програмного забезпечення для оптимізації змісту проекту за критеріями: прибуток, час, вартість, якість та ризики з нечіткими вхідними даними.

У роботі [4] запропоновано математичну модель задачі багатокритеріальної оптимізації змісту проекту за критеріями: прибуток, час, вартість, якість та ризики з урахуванням обмежень при нечітких вхідних даних. У математичній моделі багатокритеріальної задачі є п'ять цільових функцій. Перша цільова функція відображає прибуток підприємства до оподаткування за всі роки життєвого циклу, друга – час виконання проекту, який розраховується за допомогою методу критичного шляху чи іншого методу в мережевій моделі, третя – витрати на здійснення проекту, четверта – відображає значення узагальненого показника якості продукту проекту, п'ята – являє собою оцінку ризиків, пов'язаних з реалізацією проекту.

У моделі передбачається, що після завершення окремих етапів виконання проекту не має бути фінансових заборгованостей. Також обмеженням моделі є

максимальний час виконання проекту. Задані обмеження на якість продукту проекту і на ризики, пов'язані з ним. При цьому передбачається, що на кожному етапі проекту може здійснюватися не більше одного з альтернативних варіантів виконання робіт.

Для вирішення даної задачі запропоновано метод багатокритеріальної оптимізації за усіма критеріями, що розглядаються. Метод заснований на застосуванні узагальненого критерію в поєднанні з методом неявного перебору. В процесі багатокритеріальної оптимізації використовуються результати розв'язання однокритеріальних задач оптимізації за усіма критеріями, що розглядаються.

Для даних моделей і методів оптимізації було розроблено програмне забезпечення «PTCQR Project Scope Optimization». Створене програмне забезпечення написано за допомогою мови програмування C# у середовищі програмування MS Visual Studio 2010.

Програма «PTCQR Project Scope Optimization» дозволяє здійснити оптимізації змісту проекту окремо по кожному з п'яти критеріїв та багатокритеріальну оптимізацію, визначити відповідну комбінацію альтернативних варіантів виконання робіт за проектом та отримати звіт про результати оптимізації у документі формату Word.

Для проведення оптимізації необхідно ввести назву, бюджет та термін виконання проекту, усі дані за етапами проекту, альтернативні варіанти виконання робіт. Далі необхідно ввести кількість років експлуатаційного періоду та заповнити інформацію про продукти чи послуги, які будуть продані або надані. Після коректного введення усіх необхідних даних можна провести оптимізацію по кожному з критеріїв, а для проведення багатокритеріальної оптимізації ще необхідно ввести вагові коефіцієнти по кожному з критеріїв.

В результаті виконаної роботи отримано програмне забезпечення, що дозволяє оптимізувати зміст проекту по кожному з критеріїв: прибуток, час, вартість, якість та ризики при нечітких вихідних даних.

#### **Список літератури:**

1. Кононенко І.В. Математична модель і метод мінімізації часу виконання робіт по проекту / І.В. Кононенко, Є.В. Ємельянова, А.И. Грицай // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2007. – №2/6 (26). – С. 35–40.
2. Кононенко І.В. Математична модель і метод мінімізації витрат по проекту при обмеженнях на час виконання робіт / І.В. Кононенко, Є.В. Ємельянова // Вісник Нац. техн. ун-ту «Харків. політехн. ін-т»: сб. наук. праць; темат. вип.: Системний аналіз, управління та інформаційні технології / НТУ «ХПІ». – Х., 2009. – № 4. – С. 46–53.
3. Кононенко І.В. Математична модель і метод оптимізації змісту проекту з точки зору часу та вартості його виконання / І.В. Кононенко, В.А. Мироненко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – №1/2 (43). – С. 12–17.
4. Кононенко І.В. Модель і метод багатокритеріальної оптимізації змісту проекту при нечітких вхідних даних / І.В. Кононенко, М.Е. Колесник // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – №1/10 (61). – С. 9-13.

**С.А. УШАКОВА, С.В. ОРЕХОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Розробка програмного забезпечення для дослідження інтернет-джерел маркетингових даних про ринок побутової техніки та електроніки**

На даний час маркетингові дослідження виступають однією з головних вимог для успішного розвитку бізнесу. Під маркетинговими дослідженнями розуміють збір, відображення та аналіз інформації, яка пов'язує підприємство з ринками, конкурентами, споживачами [1]. Тільки за допомогою маркетингових досліджень можуть бути вирішені такі завдання, як дослідження ринку, аналіз споживчих переваг, прогноз продаж, оцінка ефективності реклами. Інтернет, як середовище, що містить інформацію щодо практично всіх галузей знань, що представляє більшість провідних компаній і широкі верстви споживачів, може бути ефективно використаний для проведення маркетингових досліджень.

У ході роботи були розглянуті такі інтернет-джерела маркетингових даних, як сервіси пошуку ключових слів, лічильники відвідуваності сайтів та RSS, які надають можливості отримання інформації щодо попиту споживачів на продукцію та їхню географію, що є одними з основних характеристик споживачів[2]. В роботі на основі словника ключових слів будуються асоціативні правила, які включають назву товару та регіон. Далі за допомогою сервісу Wordstat від пошукової системи Яндекс визначається попит/пропозиція на товар у певному регіоні (Дніпропетровська, Донецька, Луганська, Запорізька або Харківська області) та будується графік динаміки попиту/пропозиції на товар (рис.1).



Рис.1 – Графік попиту на товар

У ході даної роботи було спроектовано і розроблено програмне забезпечення для автоматизованого збору маркетингових даних про ринок побутової техніки та електроніки, яке може бути використане при вирішенні завдання сегментування ринку.

#### **Список літератури:**

1. *Котлер Ф.* Маркетинг и менеджмент [Текст] / *Ф.Котлер*– СПб: Питер,1999. – 896 с.
2. *Блэкуэлл Р., Миниард П., Энджел Дж.* Поведение потребителей. 10-е изд./Пер. с англ. [Текст] / *Блэкуэлл Р., Миниард П., Энджел Дж.* – СПб.: Питер,2007. – 944 с.

## СЕКЦІЯ 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В МЕХАНІЦІ І СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

УДК 681.5.01

**А.А. БОЛЬШАК, Ю.И. ДОРОФЕЕВ**, канд. техн. наук, доц.

### **Стабилизирующее управление системой водоснабжения на основе метода инвариантных эллипсоидов**

Современные системы водоснабжения (СВ), представляющие собой комплекс сооружений для подъема, очистки и подачи потребителям воды, состоят из большого количества взаимосвязанных труб, резервуаров, насосных станций, вентилях и других гидравлических элементов, посредством которых вода доставляется к объектам потребления из подземных источников либо наземных водоемов.

В настоящее время в большинстве случаев управление СВ осуществляется с помощью эвристических правил и «исторически сложившихся» стратегий [1], которые не гарантируют оптимальной политики управления в современных крупномасштабных взаимосвязанных сетях. В связи с этим весьма актуальной является задача разработки оптимальных стратегий управления системами водоснабжения, в основе которых лежат математические модели работы сети и методы современной теории автоматического управления.

В работах [2, 3] представлены различные подходы к построению математических моделей систем подачи и распределения воды. В данной работе в качестве переменных состояний модели рассматриваются объемы воды в резервуарах, измеряемые в  $\text{м}^3$ , и величины давления (напора) воды в исходящих из резервуаров потоках, измеряемые в м. Предполагается, что переменные состояний доступны непосредственному измерению. В качестве управляющих переменных рассматриваются объемы воды, проходящие через управляемые гидравлические элементы в текущем периоде, измеряемые в  $\text{м}^3$ . Внешними возмущениями являются объемы потребляемой воды и объемы утечек, также измеряемые в  $\text{м}^3$ .

Для любого узла сети можно записать уравнение баланса массы в виде разностного уравнения, учитывающего все входящие и исходящие потоки. Связь между объемами перекачиваемой воды и давлением в потоке воды определяется уравнением Бернулли, которое является нелинейным и выражает закон сохранения механической энергии в жидкости.

Для моделирования запаздываний, связанных с транспортировкой воды от источников до резервуаров, а затем до потребителей, используется модель дискретной задержки, поскольку предполагается, что значения интервалов времени, требуемых для транспортировки воды по каждому участку сети известны и не меняются в процессе функционирования системы.

Тогда математическая модель системы водоснабжения с учетом

запаздываний может быть представлена в виде нелинейной дискретной модели в пространстве состояний. В процессе функционирования системы должны выполняться структурные ограничения, определяемые максимальными объемами резервуаров сети и допустимыми значениями напора воды, а также максимальной мощностью насосов.

Для построения робастно устойчивой системы управления предлагается использовать прямой метод Ляпунова, а также метод инвариантных эллипсоидов [4]. В результате синтез оптимального регулятора сводится к поиску наименьшего инвариантного эллипсоида замкнутой динамической системы. При этом закон управления строится в виде линейной обратной связи по сигналу рассогласования между наличным и страховым уровнями запаса. Значения элементов вектора, определяющего уровень страховых запасов, вычисляются на основании средних значений объемов потребления и утечек воды с учетом теоремы об аппроксимации произвольных выпуклых множеств, не обладающих симметрией относительно начала координат, и эквивалентной модели Леонтьева.

Использование математического аппарата линейных матричных неравенств позволило свести задачу синтеза управляющих воздействий к задачам полуопределенного программирования и одномерной выпуклой оптимизации.

В качестве примера рассмотрен фрагмент системы водоснабжения города Харьков, который состоит из наземного источника, трех насосных станций и двух подкачивающих насосов, пяти резервуаров и четырех секторов потребления. Численное решение задачи получено с помощью свободно распространяемого пакета программ CVX для системы MATLAB [6].

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод об эффективности предложенного подхода к решению задачи построения робастной стабилизирующей стратегии управления запасами воды в системе водоснабжения в условиях неопределенности объемов потребления воды и интервалов времени, требуемых для перекачивания воды, при наличии структурных ограничений на состояния и управляющие воздействия.

#### **Список литературы:**

1. Петросов В. А. Управление региональными системами водоснабжения / В. А. Петросов. – Харьков: Основа, 1999. – 320 с.
2. Сумароков С. В. Математическое моделирование систем водоснабжения / С. В. Сумароков. - Новосибирск: Наука, 1983.
3. Brdys M. A. Operational control of water systems: structures, algorithms, and applications / M. A. Brdys, B. Ulanicki. – Prentice Hall International, UK, 1994.
4. Хлебников М. В. Оптимизация линейных систем при ограниченных внешних возмущениях (техника инвариантных эллипсоидов) / М. В. Хлебников, Б. Т. Поляк, В. М. Кунцевич // Автоматика и телемеханика. – 2011. – № 11. – С. 9-59.
5. Boyd S. Linear matrix inequalities in system and control theory / S. Boyd, El. Ghaoui, E. Feron, V. Balakrishnan. – Philadelphia: SIAM, 1994.
6. Grant M. CVX: MATLAB software for disciplined convex programming, version 1.21. / M. Grant, S. Boyd // URL: <http://cvxr.com/cvx>.

**С.Д. ЭЛЬ-АЙЮБИ, Ю.И. ДОРОФЕЕВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода**

Идентификация, т.е. построение математической модели по результатам наблюдений, является важной задачей, возникающей в технике, экономике, политике, медицине, биологии и в других областях. В современной теории идентификации все более важную роль играют методы, привлекающие лингвистическую информацию при построении моделей нелинейных зависимостей. Одним из наиболее разработанных в инженерном отношении инструментов учета лингвистической информации является теория нечетких множеств и нечеткая логика.

Настоящая работа посвящена решению задачи идентификации нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода.

Типовая структура системы нечеткого вывода содержит следующие блоки:

- *фаззификатор*, преобразующий вектор, содержащий числовые значения влияющих факторов  $X$ , в вектор  $\tilde{X}$ , элементами которого являются нечеткие множества, используемые в процессе выполнения нечеткого логического вывода;
- *нечеткая база знаний*, содержащая информацию о зависимости между входными и выходными данными  $Y = f(X)$  в виде лингвистических правил типа «ЕСЛИ–ТО»;
- *механизм нечеткого логического вывода*, который на основе правил базы знаний определяет значение выходной переменной в виде нечеткого множества  $\tilde{Y}$ ;
- *дефаззификатор*, преобразующий выходное нечеткое множество  $\tilde{Y}$  в числовое значение  $Y$ .

В работе были рассмотрены два типа нечетких моделей – типа Мамдани и типа Сугэно. Эти модели отличаются форматом базы знаний и процедурой дефаззификации.

Задача идентификации состоит в нахождении структуры и параметров нечеткой модели  $F$ , обеспечивающей минимальное значение среднеквадратической невязки:

$$R = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M (Y_r - F(X_r))^2 \rightarrow \min,$$

где  $(X_r, Y_r)$  – идентифицируемая нелинейная зависимость, при  $r = \overline{1, M}$ ,  $M$  – объем выборки.



Все еще нерешенной научной задачей остается автоматическая экстракция из данных нечетких правил, близких по своим свойствам к экспертным, т.е. полезных, достоверных, интересных, новых и понятных не только специалистам. Это относится прежде всего к базе знаний модели типа Мамдани, так как прозрачность правил модели типа Сугэно, т. е. возможность их содержательной интерпретации пользователем, является довольно низкой.

В результате компьютерных экспериментов установлено, что использование лингвистической информации в виде экспертных правил «ЕСЛИ–ТО» позволяет значительно снизить необходимый объем обучающей выборки для нечеткой идентификации. При больших объемах выборки экспериментальных данных идентификация с помощью модели типа Сугэно обеспечивает, как правило, большую точность. Однако при этом возникают трудности с содержательной интерпретацией параметров нечеткой модели и с объяснением логического вывода. С моделью типа Мамдани таких трудностей не возникает, ее параметры и после обучения легко интерпретируются содержательно.

Таким образом, идентификация с помощью нечеткого логического вывода является эффективным методом построения моделей нелинейных зависимостей, наблюдаемых в различных областях человеческой деятельности. Процедура нечеткого логического вывода в модели типа Мамдани интуитивно понятна и заказчикам нечетких моделей: технологам, экономистам, врачам, биологам. Поэтому для задач, где более важна точность идентификации, целесообразным будет использование нечетких моделей типа Сугэно, а для задач, где более важным является объяснение, обоснование принятого решения, будут иметь преимущество нечеткие модели типа Мамдани.

#### **Список литературы:**

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
2. Ротштейн А. П., Котельников Д. И. Идентификация нелинейных зависимостей нечеткими базами знаний // Кибернетика и системный анализ. – 1998. – №5. – С. 53-61.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с
4. Fuzzy Logic Toolbox. User's Guide, Version 2. – The MathWorks, Inc., 1999.
5. Optimization Toolbox. User's Guide, Version 2. – The MathWorks, Inc., 1999.

**П.Ю. ТУРОВСКИЙ, Е.П. ГОМОЗОВ**, канд. физ.-мат. наук, доцент

### **Математическое моделирование процессов логистики**

**Постановка задачи.** Проблема оптимального управления системами лифтов возникает в офисных комплексах класса А. Для построения оптимизационной модели эта проблема может быть сведена к минимизации времени ожидания лифта. В настоящее время для решения таких задач используются как детерминированные, так и стохастические модели, а также методы имитационного моделирования. В основе известных программных продуктов, как правило, лежат вычислительные методы Монте-Карло, сглаживания кубическими сплайнами, генерирование сценариев с использованием Low-Discrepancy Sequence. Однако такие модели уже не вполне отвечают текущим реалиям обслуживания крупных офисных комплексов. Возрастающая сложность систем обслуживания обуславливает возникновение новых рисков. Поэтому представляется актуальной задача разработки логистических информационных систем управления лифтовыми комплексами.

**Математические модели.** Были построены модели оптимизации, базирующиеся на совместном использовании современных математических методов, таких как генетические алгоритмы (ГАНСА), анализ фрактальных временных рядов, различные симуляционные модели.

**Выводы.** Предлагаемые нами математические модели имеют компьютерную реализацию и позволяют принимать более адекватные решения по оптимизации времени ожидания лифта по сравнению с классическими моделями массового обслуживания. Это позволяет существенно наращивать свои конкурентные преимущества в управлении офисной недвижимостью.

#### **Список литературы:**

1. Janne S. Sorsa, Harri Ehtamo, Marja-Liisa Siikonen, Tapio Tyni, Jari Ylinen. The Elevator Dispatching Problem. – <http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/msor09.pdf>, 2009, 33p.
2. P. Cortes, J. Larraneta, L. Onieva. Genetic Algorithm for controllers in elevator groups. – <http://www.inf.utfsm.cl/~mcriff/Tesistas/lista-papers/GA-elevators.pdf>, 2010, 19p.
3. B. Hiller, T. Klug, A. Tuchscher. Improving the performance of elevator systems using exact reoptimization algorithms. – <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2009/2179/pdf/09261.HillerBenjamin.ExtAbstract.2179.pdf>, 2009, 4p.
4. Jin Sun, Qian-Chuan Zhao, Peter B. Luh – <http://www.engr.uconn.edu/msl/paper/JinSun/TASE2010.pdf>, 2010, 12p.
5. G.C. Barney – Elevator traffic handbook. 2003, 456p.
6. H. Hakonen, M.L. Siikonen – Elevator traffic simulation procedure. 2009, 180p.

А.А. ЖАДАН, О.В. КОСТЮК, канд. техн. наук

### Моделирование рекомендательной системы в задачах принятия решений

Ежедневно люди получают огромное количество информации от собеседников, газет, новостей, интернета и т.д. Для того, чтобы упростить процесс её анализа для выработки возможных решений, были созданы рекомендательные системы [1]. Ранее для формирования рекомендаций обходились сводкой наиболее популярных продуктов. Но со временем такие рекомендации стали вытесняться целевыми предложениями: пользователям рекомендуются не просто популярные продукты, а те продукты, которые наверняка понравятся именно им.

Разработчики одной из первых рекомендательных систем, опираясь на методологию таксономического анализа, ввели термин, который широко применяется на данный момент, – это термин коллаборативная фильтрация. Методы коллаборативной фильтрации – это множество алгоритмов и методик, позволяющих получать прогнозные значения оценок определенного пользователя информационных систем, основываясь на оценках других пользователей и их “похожести”, что приводит к упрощению выбора решения на основе анализа информации.

Описание методов коллаборативной фильтрации применительно к задачам выбора было рассмотрено в работе [2], анализ использования различных метрик рассматривались в работах [3,4]. В качестве примеров рекомендательных систем можно указать системы рекомендации товаров Amazon [5], фильмов Netflix [6] и музыки Last.fm [7], книг Ozon.ru [8].

Рассмотрим постановку задачи синтеза рекомендательной информационной системы на основе базы предпочтений пользователей по отношению к различным объектам. Введем в рассмотрение множество пользователей  $U = \{u_1, u_2 \dots u_n\}$  и множество объектов  $I = \{i_1, i_2 \dots i_n\}$ . Для каждого пользователя формируется список оцененных им объектов (матрица рейтингов  $R$ ). Оценки могут принадлежать разным шкалам от 1 до 5 и т.д., а также разным типам шкал [9]: порядковой или относительной. Если пользователь  $u_i$  желает получить рекомендацию, то по известным оценкам устанавливаются ближайшие к нему пользователи по предпочтениям (или по оценкам на одни и те же объекты). Далее система на основе метода коллаборативной фильтрации с учетом оценок, выдает рекомендации пользователю.

Алгоритм коллаборативной фильтрации состоит из нескольких шагов:

- вычисление коэффициента схожести предпочтений двух пользователей  $\alpha$  и  $\beta$  с использованием различных метрик [3], например, Пирсона:

$$sim(\alpha, \beta) = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha}) \cdot (\beta_i - \bar{\beta})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (\beta_i - \bar{\beta})^2}}, \quad (1)$$

где  $\alpha_i$  – оценка  $i$ -го продукта  $\alpha$  пользователем;

- для каждого пользователя  $u_i$  умножить его оценки на вычисленную ранее по формуле (1) величину меры, тем самым оценки более “похожих” пользователей будут сильнее влиять на итоговую позицию в рекомендации выбранного продукта;

- вычисление прогнозного значения для пользователя:

-

$$p_{\alpha,i} = \frac{\sum_{u \in U} r_{u,i} \cdot sim(\alpha, u)}{\sum_{u \in U} sim(\alpha, u)}, \quad (2)$$

где  $r_{u,i}$  – рейтинг  $i$  продукта  $u$  пользователем.

Таким образом, в данной работе предложена модель рекомендательной информационной системы, основанной на схожести предпочтений пользователей, позволяющей упростить выбор в различных задачах принятия решений, в частности, предложить пользователю набор продуктов, которые потенциально могут заинтересовать его.

### Список литературы:

1. Goldberg D., Nichols D., Oki B., Terry D. Using collaborative filtering to weave an information Tapestry // Communications of ACM, 1992. 35, no. 12, p. 61–70.
2. Schein A.I., Popescul A., Ungar L.H., Pennock D.M. 2002. Methods and Metrics for Collaborative Filtering.
3. Диязитдинова А.Р. 2004. Разработка и исследование технологии проектирования советующей системы управления.
4. Resnick P., Varian H. R. 1997. Recommender Systems. *Communications of the ACM* 40, 56-58.
5. <https://www.amazon.com>
6. <https://www.netflix.com>
7. <https://www.lastfm.ru>
8. <https://www.ozon.ru>
9. Heckerman D., Breese J.S., Kadie C. Empirical Analysis of Predictive Algorithms for Collaborative Filtering: // Proceedings of the 14th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, 1998.

**О.С. БАСОВ, Ю.М. АНДРЕЄВ**, докт. техн. наук, доцент

### **Перехідні і коливальні процеси в симетричній системі трьох супутників з пружними в'язями**

Сучасний стан космічних досліджень характеризується створенням та використанням на орбіті Землі супутників і пристроїв, що виконують деякі корисні для людини функції. Тому на перший план висувуються завдання будівництва та монтажу конструкцій на орбіті. Принципова відмінність таких об'єктів від земних полягає в тому, що орбітальні конструкції зазнають суттєвих динамічних навантажень. Тому розрахунок самої конструкції та процес монтажу повинен враховувати ці навантаження. Традиційними механічними моделями космічних об'єктів є системи твердих тіл, які роблять просторові руху. Складання рівнянь руху таких систем представляє проблему. Ще більш складною проблемою є врахування пружних і дисипативних взаємодій. Тому розробка і використання ефективних методів розрахунку систем твердих тіл і таких, що деформуються є актуальною задачею.

Найпростішою системою супутників є така, модель якої представлена твердими тілами, що з'єднані пружною балкою або тросом. Це може бути модель транспортної системи, системи зі штучною силою тяжіння, системи з основного модулю та модулю пристроїв тощо.

Метою роботи є дослідження динаміки пружної моделі балки, що з'єднує два супутники. Супутники представляються твердими тілами, що вільно рухаються у просторі. Балка, яка їх з'єднує, моделюється стержнем, що згинається, розтягується та скручується, на базі теорії Бернуллі-Ейлера. Пружні властивості стрижня Бернуллі-Ейлера описуються поданням його потенційної енергії квадратичною формою в канонічному вигляді. Вся система моделюється при цьому згідно з методом, викладеному в роботі [1].

Необхідно отримати робочі механічні моделі за допомогою псевдо координат та параметрів Родрига-Гамільтона. Розрахунковим шляхом отримати закони руху системи при заданому силовому впливі на неї. Крім того, дослідити динамічну поведінку системи при зміні її орієнтації за рахунок обертання маховиків, що розташовуються всередині одного із супутників. Для цього розробити алгоритм розрахунку законів обертання маховиків. Окремо з'ясувати вплив постійних часу електродвигунів маховиків на точність орієнтації системи.

#### **Список літератури:**

1. Митин В. Н. К расчету перемещений и внутренних усилий в балочных конструкциях / В. Н. Митин, В. М. Халыпа, Л. И. Штейнвольф // Динамика и прочность машин: респ. междувед. науч.-техн. сб. — Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1981. — Вып. 34. — С. 36—41.

**Р.В. БОЙКОВ, В.Н. ГРИЩЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Компьютерные технологии в задачах уравнивания коленчатого вала**

В задачах проектирования машиностроительных конструкций, разнообразных по назначению и конструктивным особенностям, значительное место занимают проблемы прочности и динамики.

В полной мере это относится и к двигателям внутреннего сгорания (ДВС), который является мощным источником колебательной энергии. В развитии современных дизелей наблюдается стойкая тенденция к увеличению удельной мощности, снижению габаритов, за счет увеличения быстродействия, увеличения цикловой подачи топлива.

Коленчатый вал – один из наиболее ответственных и дорогостоящих конструктивных элементов ДВС. Он преобразует возвратно-поступательное движение поршней в крутящий момент. Коленчатый вал воспринимает периодические переменные нагрузки от сил давления газов, а также сил инерции движущихся и вращающихся масс. Это приводит, наряду с другими, к значительному возрастанию динамического воздействия, связанному, в частности, с неуравновешенными силами от возвратно-поступательного движения кривошипно-шатунного механизма коленчатого вала.

Снижение нагрузок на подшипники, от неуравновешенности, может быть достигнуто путем его предварительной балансировки на балансировочных станках.

Успешному решению этих сложных задач, может способствовать использование современных информационных технологий и систем автоматического проектирования.

В работе предложен алгоритм «аналитического» уравнивания быстро движущихся деталей машин, по данным электронного чертежа которых, существует статическая или моментная неуравновешенность. Суть подхода состоит в выборе ряда варьируемых размеров, изменением которых не сложно «управлять» положением центра масс и центробежным моментом инерции, т.е. преобразовать ось вращения в главную, центральную.

В качестве примера выбран коленчатый вал трехцилиндрового дизельного двигателя 3ДТ, который имеет моментную неуравновешенность. В качестве варьируемых параметров выбраны три величины.

Построена параметрическая модель коленчатого вала в ПК ANSYS. Оптимизационный подход осуществлялся методом покоординатного спуска.

Получены удовлетворительные результаты, которые позволили уменьшить реакции в опорах, снизилась моментная составляющая.

**Моделювання випадкових коливань котла цистерни при русі  
напівпричепа по дорогам загального призначення**

Не викликає сумнівів, що нафта та нафтопродукти є основним рушієм сучасної економіки. Тому їхньому транспортуванню у сучасних умовах приділяється багато уваги. Одним із основних елементів логістичної системи доставки нафтопродуктів до кінцевого споживача є напівпричіп автоцистерни. Тому діагностування технічного стану з метою своєчасного виявлення пошкоджень елементів цих цистерн є вкрай важливою задачею.

Пошкодження цистерни, що здатні виникнути під час експлуатації внаслідок накопичення та розвитку втоми або корозії металу призводять до появи тріщин та розгерметизації котла цистерни. Така ситуація є вкрай небезпечна та може призвести до надзвичайної аварійно-небезпечної ситуації. Тому питанням розрахунків конструкцій транспортних засобів з точки зору надійності елементів їх конструкції необхідно приділити велику увагу.

Розвиток методів розрахункового моделювання конструкцій цистерн для оцінки міцності і прогнозування їх поведінки, проведення аналізу надійності як на стадії проектування, так і в умовах експлуатації з метою забезпечення безпечної роботи є актуальним.

Аналіз надійності базується на визначенні параметрів НДС конструкції при її експлуатації. Основний силовий вплив, який діє на цистерну є динамічним та пов'язан з випадковими коливаннями, які реалізуються в системі в процесі руху автоцистерни по дорожньому покриттю.

У даній роботі виконується моделювання випадкових коливань напівпричепа автоцистерни. Напівпричіп складається зі зовнішньої оболонки, внутрішніх хвилерізів, глухих перегородок, люків та опор.

При моделюванні випадкових коливань використовувалась скінчено-елементна модель [1], яка складається з основного корпусу, опор та ресор на які приводиться навантаження. Модель корпусу представлена на рис.1.

Рішення задачі випадкових коливань полягає у визначенні імовірнісних характеристик відгуку системи по заданих імовірнісним характеристикам навантажень і параметрів системи. При дослідженні випадкових коливань використовується метод спектральних перетворень. Суть методу полягає в тому, що треба перейти від розгляду задачі в часі до розгляду у частотному діапазоні. Для цього навантаження та відгук системи представляється у виді спектру. Таким чином, можна перейти від рішення диференціальних рівнянь до лінійних алгебраїчних.

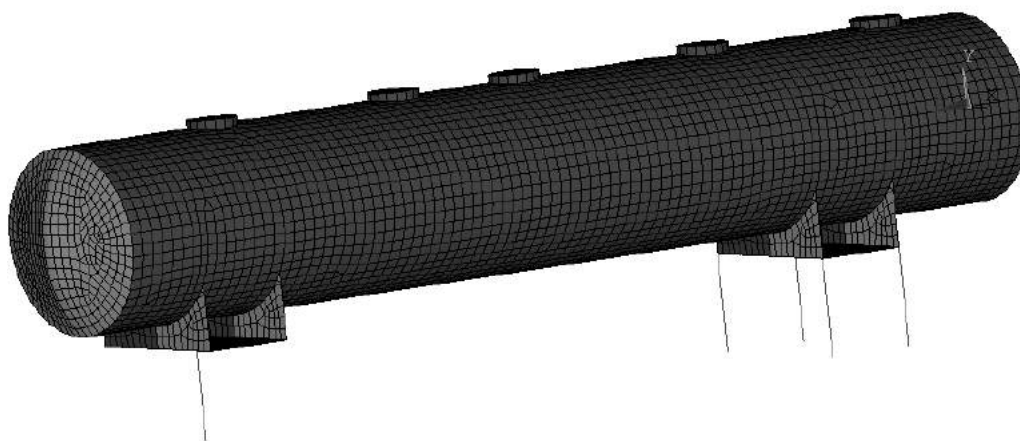


Рис. 1 – СЕ-модель

Навантаження приводилось на ресори у вигляді спектральної щільності мікропрофілю дороги [3]. При розрахунках було розглянуто чотири варіанти навантаження. Для асфальтного (рис.2,а) та буличного (рис.2,б) покриття на швидкостях 60 км/год та 90 км/год.

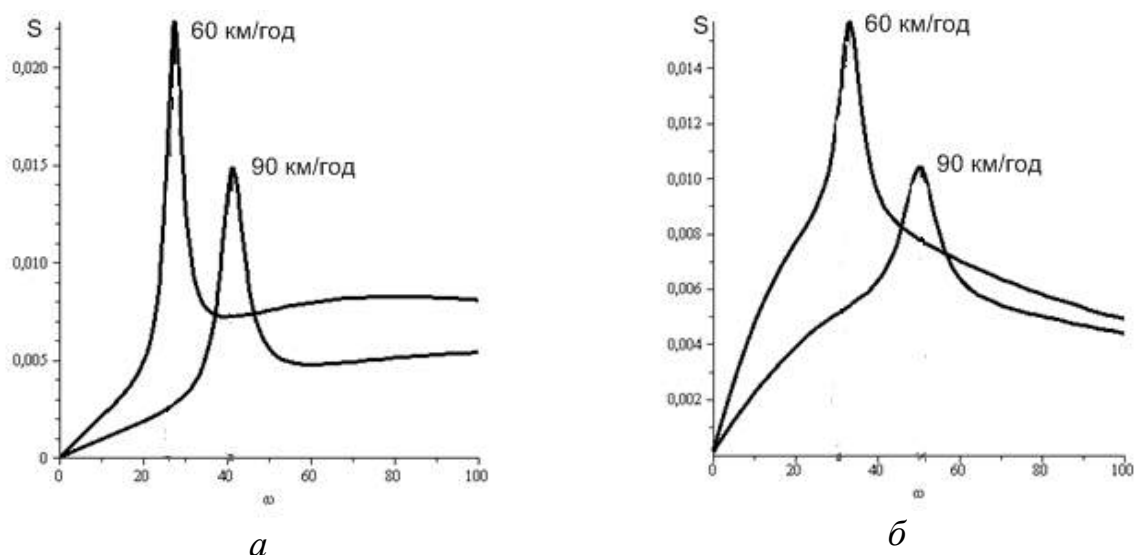


Рис. 2 – Спектральна щільність мікропрофілю дороги при швидкості 60 км/год та 90 км/год: а – на асфальтному; б – на буличному покритті

У ході вирішення задачі були отримані спектральні щільності переміщень та напруження, середнє квадратичне відхилення переміщень та напруження конструкції для усіх видів навантаження.

### Список літератури:

1. Ричардс Р.Б. Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин / Ричардс Р.Б. — Р. «Зинатне», 1988. — 282 с.
2. Ларин А.А. прогнозирование надежности и анализ машиностроительных конструкций / Ларин А.А. — Х. НТУ «ХПИ», 2011. — 132 с.
3. Вибрации в технике, т.3. /Ф.М. Дименберг, К.С. Колесников, Москва «Машиностроение», 1980, 545 с



**Е.Д. ГРОЗЕНОК, Э.А. СИМСОН**, док. техн. наук, профессор

### **Вынужденные колебания шпиндельного узла вальцешлифовального станка**

Шпиндельные узлы являются наиболее ответственными механизмами станков. От совершенства конструкции, а также от качества изготовления и сборки шпиндельного узла во многом зависит точность обработки.

В последние годы в практике станкостроения наметилась тенденция к созданию жестких конструкций шпинделей относительно небольшой длины. Повышение жесткости шпинделей достигается за счет увеличения диаметра или площади поперечного сечения, применения дополнительных опор, повышения жесткости опор качения за счет создания предварительного натяга и т.д.

Основными критериями работоспособности шпиндельных узлов являются: геометрическая точность, жесткость, быстроходность, долговечность, динамические характеристики.

Точность вращения шпинделя оценивается величиной радиального или торцевого биения его базовых поверхностей. Величина этого биения зависит от класса точности станка и регламентируется соответствующим ГОСТ. Так, например, для токарных станков нормальной точности допуск радиального и торцевого биения составляет 5...8 мкм.

Жесткость шпиндельного узла определяется упругими перемещениями переднего конца шпинделя под действием сил резания. Максимальное значение жесткости шпиндельного узла в основном определяется податливостью его опор.

Динамические характеристики шпинделей оцениваются амплитудами вибраций на потенциально-неустойчивых формах колебаний. Устойчивость динамической системы шпиндельного узла тем выше, чем выше первая собственная частота колебаний. Частоты собственных колебаний шпинделей изменяются в широких пределах (100...600)Гц и приводят к возбуждению автоколебаний при резании. Поэтому для обеспечения устойчивого резания приходится умышленно снижать режимы и производительность резания.

Целью данной работы было проведение расчета на вынужденные колебания шпиндельного узла вальцешлифовального станка. Проанализировать полученные результаты и отстроить шпиндельный узел от резонанса. Все расчеты были проведены в программном комплексе ANSYS.

#### **Список литературы:**

1. Орликов, М. Л. Динамика станков 2-е изд., перераб. и доп.- К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 272 с
2. Кедров, С.С. Колебания металлорежущих станков – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.

**Н. В. ДМУХ, И. В. НАУМОВ**, ассистент

**Разработка системы дистанционного контроля показателей работоспособности технических и биологических систем**

На сегодняшний день активно развиваются и ведутся разработки в области биотелеметрии. Биотелеметрия - измерение на расстоянии показателей, характеризующих состояние биологических объектов [1]. Применение телеметрии дает возможность проводить исследование на очень больших расстояниях или во время движения изучаемого объекта. Множество разработок в области телеметрии связаны с использованием мобильных технологий для передачи медицинских измерений. Новые методы для беспроводного подключения короткого радиуса действия не ограничены радиочастотным спектром, и позволяют использовать приложения для наблюдений в любых отдаленных районах. Многообещающим направлением развития таких систем является интеграция датчиков в одежду, различные аксессуары, мобильные телефоны [2].

Целью работы является разработка системы для передачи и накопления измерений показателей здоровья человека (пульса, давления, температуры и др.), анализа и контроля получаемых измерений.

Для передачи измерений были выбраны мобильные устройства с ОС Android, характеризующиеся доступностью и наличием обширного API для разработки. Была разработана система для удаленного мониторинга и контроля основных жизненных показателей человека или группы, обеспечивающая контроль состояния здоровья в отдаленных местах на больших расстояниях.

Разработанная система имеет структуру, изображенную на рис. 1, и состоит из: приложения для передачи с мобильного устройства измерений показателей в базу данных системы; программного обеспечения оператора системы для анализа и контроля показателей измерений; серверной части системы для обеспечения передачи данных между приложениями пользователей и оператором системы.

Значения измерений, полученные с датчиков с помощью системы сбора информации по каналу Bluetooth, передаются на мобильное устройство. На мобильном устройстве устанавливается приложение для приема данных с датчиков, обработки информации и отправки результатов измерений серверу в формате JSON.

Для мониторинга показателей разработано ПО на языке программирования Java предназначенное для анализа, контроля и прогнозирования измерений, которое отображает данные о пациенте, графики измерений показателей и строит краткосрочный прогноз. Для построения прогноза используются ARIMA модели [3].

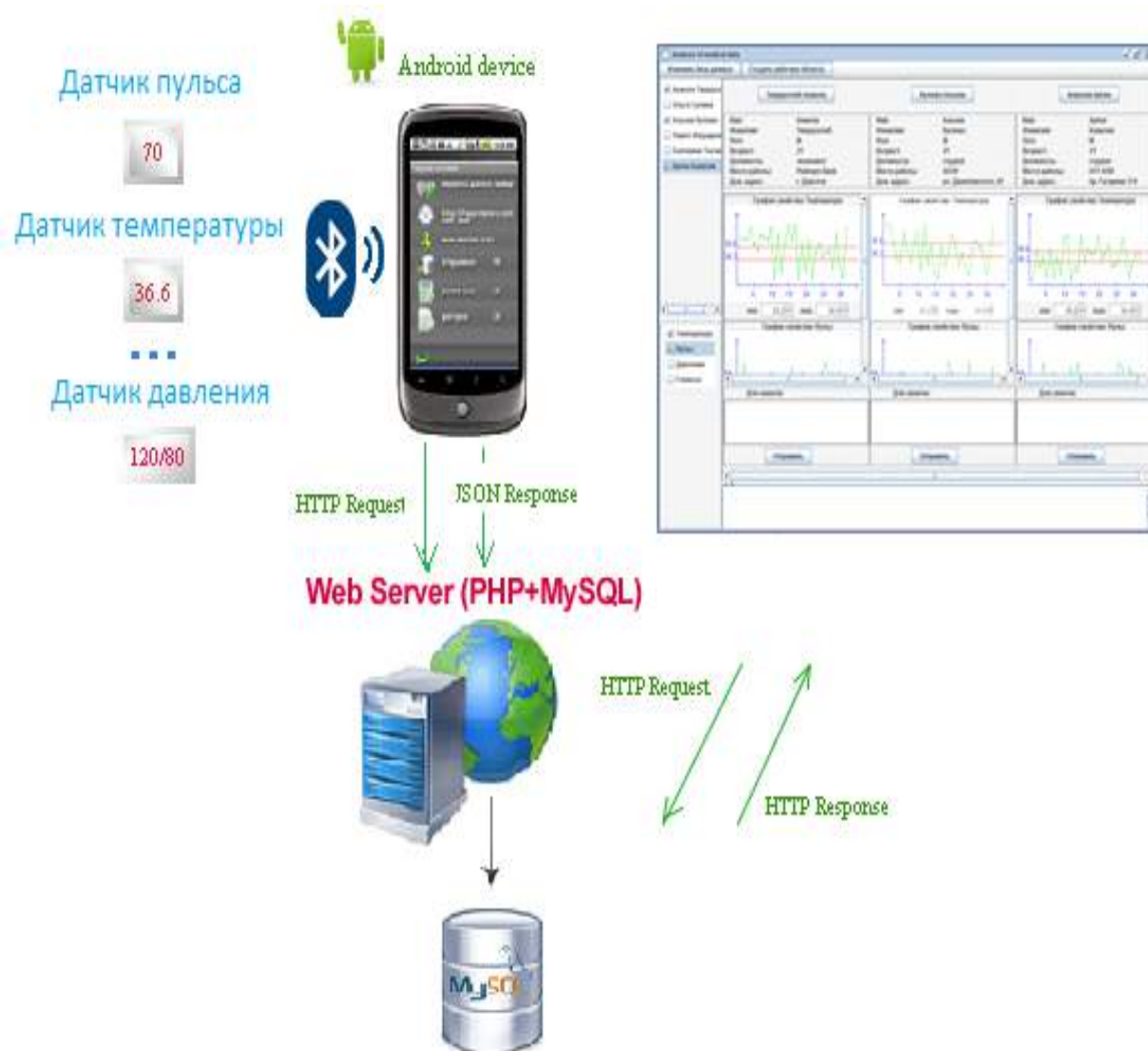


Рис. 1 – Структура системы контроля жизненных показателей

### Список литературы:

1. Владимирский А. В. История телемедицины: люди, факты, технологии / А. В. Владимирский. – Донецк: ООО «Цифровая типография», 2008. – 82 с.
2. Budinger T. Biomonitoring with Wireless communications / Thomas F. Budinger. – California, 2003. – 30 с.
3. Бокс Д. Анализ временных рядов / Д. Бокс, Г. М. Дженкинс. – М.: Финансы и статистика, 1969. – 385 с.

**О.В. ЖОЛОС, Г.Ю. МАРТИНЕНКО**, канд. техн наук, доцент,

### **Автоматизація проектування та аналізу динаміки турбодетандера на пружній основі**

Розглянуто ротор детандер-компресорного агрегату, що входить до складу повнорозмірної стендової установки зрідження природного газу [1]. Представлені результати порівняльних чисельних досліджень з визначення власних частот і критичних швидкостей обертання із використанням розрахункових об'ємних (рис. 1) і балочно-масових (рис. 2) скінчено-елементних моделей (СЕМ).

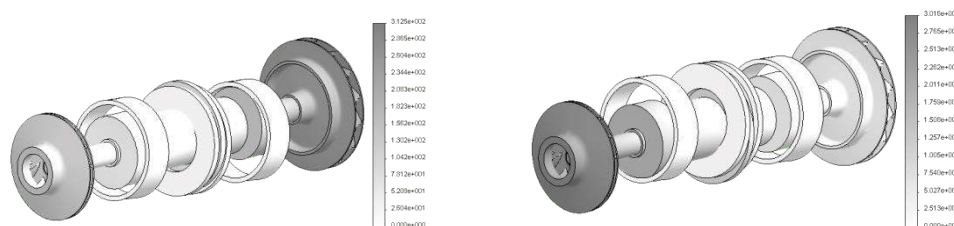


Рис. 1 – Поперечні форми власних коливань

Виконано оцінку переваг і недоліків кожної з них. Визначено, що значення критичних скоростей, знайдені із застосуванням об'ємної СЕМ для необертового ротора і уточнені при використанні балочно-масової СЕМ з урахуванням гіроскопічного моменту, рівні відповідно 6209 і 5768 об/хв (конічна прецесія), 7478 і 6269 об/хв (циліндрична), 16246 і 22587 об/хв (прецесія зігнутої осі). Порівняння цих значень з результатами розрахунків, виконаних методом скінчених різниць, дозволяє зробити висновок про доцільність застосування для подальших досліджень балочно-масових СЕМ.

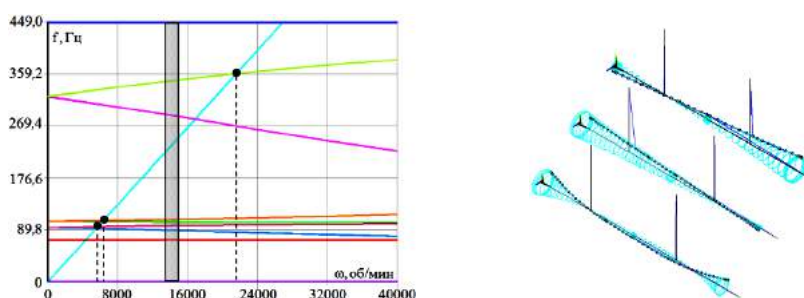


Рис. 2 – Діаграма Кембелла із зазначенням критичних швидкостей, що відповідають прямій прецесії, і траєкторії руху ротора

#### **Список литературы:**

1. Мартыненко Г.Ю. Оценка возможности применения опор на постоянных магнитах для ротора детандер-компрессорного агрегата / Г.Ю. Мартыненко, В.А. Левашов, Ю.С. Бухолдин // Компрессорное и энергетическое машиностроение. –Сумы: МИКЭМ, 2012. –№4(30). –С. 39-45.

**Е.О. ЗАПЛАВСКИЙ, М.В. НЕКРАСОВА**

### **Разработка и исследование метода стендовой калибровки акселерометрического измерительного модуля**

В настоящее время для решения задач наведения, навигации и управления движущимися объектами все более широкое применение находят акселерометрические измерительные модули (АИМ), построенные на недорогих датчиках низкого и среднего класса точности, например, микромеханических акселерометрах. К сожалению, вопросы калибровки и эффективного использования таких систем до настоящего времени разработаны не достаточно полно. Однако для эффективности такой оценки необходимо достаточно точно знать расположение акселерометра (АК) внутри модуля, включая ориентацию их осей чувствительности, поскольку технология сборки инерциальных модулей на микромеханических датчиках не позволяет обеспечить желаемое направление осей чувствительности АК точнее  $1^\circ$  [1].

В данной работе рассматривается задача определения в лабораторных условиях систематических погрешностей акселерометрического измерительного модуля с целью их дальнейшей алгоритмической компенсации или, другими словами, задача калибровки. Методы стендовой калибровки инерциальных модулей вообще и блока акселерометров, в частности, рассматриваются в [1, 2]. Однако задача определения местоположения АК в модуле остается не решенной.

Свяжем с АИМ правую ортогональную систему координат (СК), называемую базовой системой координат, и зададим расположение акселерометра в ней неизменным радиус-вектором  $\bar{\rho}$ , а направление оси чувствительности АК единичным вектором  $\bar{e} = (\sin\lambda \cdot \cos\mu; \cos\lambda; \sin\lambda \cdot \sin\mu)$  (рис. 1).

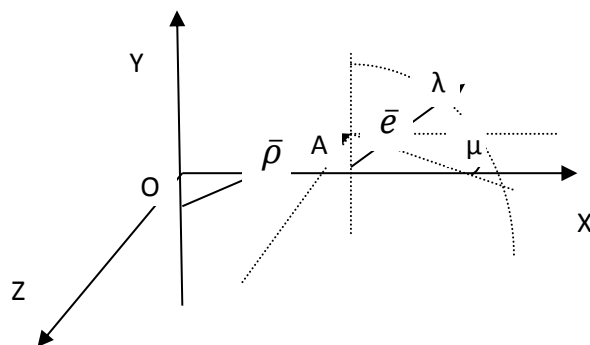


Рис. 1 – положение акселерометра в СК

Примем во внимание, что фактическое расположение АК в базовой СК отличается от номинального, и обозначим фактический радиус-вектор и фактическое направление оси чувствительности следующим образом:

$$\overline{\rho^*} = \overline{\rho} + \overline{\delta\rho} \quad (1)$$

$$\overline{e^*} = (\sin(\lambda + \delta\lambda) \cdot \cos(\mu + \delta\mu); \cos(\lambda + \delta\lambda); \sin(\lambda + \delta\lambda) \cdot \sin(\mu + \delta\mu)) \quad (2)$$

Таким образом, данная задача сводится к определению смещение нуля и погрешности установки АК в модуле  $\overline{\delta\rho}$ ,  $\delta\lambda$ ,  $\delta\mu$ .

Для калибровки АИМ предлагается использовать трехосный поворотный стенд. Такой стенд способен совершать вращательные движения вокруг трех осей с задаваемой угловой скоростью и, соответственно, угловым ускорением. Значения параметров движения стенда считаются точными и принимаются в качестве эталонных. Для построения модели движения такого стенда и генерации эталонных значений угловой скорости и углового ускорения использовалась кватернионная кинематическая модель ортогонального типа [3].

Анализ информативности тестового движения по критерию степени обусловленности матрицы метода наименьших квадратов показал, что постоянная угловая скорость по всем трем осям стенда не обеспечивает получения достоверной оценки искомых параметров. В этих условиях предлагается задавать относительно внешней оси стенда периодическое движение с амплитудой  $\alpha_0$  и круговой частотой  $\nu$  вида  $\alpha(t) = \alpha_0 \sin(\nu t)$ . По двум другим осям достаточно создавать вращение с постоянной угловой скоростью:  $\beta(t) = \beta_0 t$ ,  $\gamma(t) = \gamma_0 t$ .

Исходя из полученных результатов моделирования, можно сделать вывод, что погрешность калибровки АК в рассматриваемых условиях не превышает  $10^{-5}$  м по каждой компоненте радиус-вектора положения АК, параметры несоосности измерительных осей и осей базовой СК определены с ошибкой до 2 угл. с, погрешность определения смещения нуля – не более  $10^{-6}$  м/с<sup>2</sup>.

В данной работе показана принципиальная возможность определения параметров блока акселерометров на трехосном поворотном стенде при произвольном расположении акселерометров. Результаты моделирования подтверждают эффективность разработанного метода калибровки акселерометрического измерительного модуля.

### Список литературы:

1. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы / В. В. Мелешко, О. И. Нестеренко. – Кировоград: Полимед-Сервис, 2011. – 172 с.
2. Krohn A. Inexpensive and Automatic Calibration for Acceleration Sensors / A. Krohn, M. Beigl, Ch. Decker, U. Kochendorfer, Ph. Robinson, T. Zimmer // Universitat Karlsruhe, 2004. <http://www.teco.edu/~krohn/krohnaccl.pdf>.
3. Успенский В. Б. Теоретические основы гидросилового управления ориентацией космического летательного аппарата. – Харьков, НТУ «ХПИ», 2006. – С. 327.

**Г.Ю. ЗЯГУН, Ю.А. ПЛАКСІЙ**, канд. техн. наук, доцент

### **Дослідження точності степеневих алгоритмів визначення орієнтації за допомогою еталонних тригонометричних моделей**

Розглядається задача оцінювання точності визначення орієнтації в безплатформених інерціальних навігаційних системах (БІНС) за допомогою спеціальних алгоритмів, орієнтованих на використання первинної інформації про обертання об'єкта на такті обчислень  $[t_{n-1}, t_n]$  у вигляді квазікоординат [1]:

$$\theta_{ni}^* = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \omega_i dt, i = 1, 2, 3, \quad (1)$$

де  $\omega_i, i = 1, 2, 3$  – проекції вектора абсолютної кутової швидкості об'єкта  $\vec{\omega}$  на зв'язані осі. Оскільки алгоритми визначення орієнтації в БІНС відтворюють цифровий образ інерціального трієдра осей в бортовому обчислювачі, тобто відіграють роль “аналітичної платформи” [2], питання отримання коректних оцінок точності цих алгоритмів і визначення найбільш ефективного алгоритму для кожного конкретного рухомого об'єкту, є актуальною задачею. Провести порівняльний аналіз фактичної точності алгоритмів визначення орієнтації одного математичного порядку можна тільки за допомогою спеціальних еталонних моделей обертання, які можуть бути дискретними або неперервними. У якості неперервних еталонних моделей використовують випадки існуючих точних розв'язків сукупності динамічних і кінематичних рівнянь обертання твердого тіла (моделі кінчного руху та регулярної прецесії).

В даній роботі пропонуються нові неперервні моделі обертання твердого тіла, основані на представленні модельного кватерніона орієнтації у вигляді:

$$\begin{cases} \lambda_0(t) = \cos(k_1 t) \cos(k_2 t); \\ \lambda_{j1}(t) = \sin(k_1 t) \cos(k_2 t); \\ \lambda_{j2}(t) = \sin(k_2 t) \cos(k_3 t + \beta_3); \\ \lambda_{j3}(t) = \sin(k_2 t) \sin(k_3 t + \beta_3), \end{cases} \quad (2)$$

де  $k_1, k_2, k_3, \beta_3$  – постійні параметри, а індекси  $j1, j2, j3$  компонент векторної частини кватерніона  $\Lambda(t)$  утворюють деяку перестановку чисел (1, 2, 3).

Квазікоординати (1) модельного руху при цьому визначаються аналітично:

$$\theta_{ni}^* = \theta_i(t_n) - \theta_i(t_{n-1}), i = 1, 2, 3, \quad (3)$$

де  $\theta_i(t), i = 1, 2, 3$  – компоненти вектора позірного повороту  $\vec{\theta} = \int_0^t \vec{\omega} dt$ :

$$\theta_{j1}(t) = (k_1 - k_3)t + \frac{(k_1 + k_3)}{2k_2} \sin(2k_2 t);$$

$$\begin{aligned}\theta_{j2}(t) = 2k_2 & \frac{\sin((k_1 - k_3)t - \beta_3) + \sin \beta_3}{k_1 - k_3} \\ & + \frac{1}{2}(k_1 + k_3) \left\{ \frac{\sin((2k_2 - k_1 + k_3)t + \beta_3) - \sin \beta_3}{2k_2 - k_1 + k_3} \right. \\ & \left. - \frac{\sin((2k_2 + k_1 - k_3)t - \beta_3) + \sin \beta_3}{2k_2 + k_1 - k_3} \right\}; \\ \theta_{j3}(t) = 2k_2 & \frac{\cos((k_1 - k_3)t - \beta_3) - \cos \beta_3}{k_1 - k_3} \\ & - \frac{1}{2}(k_1 + k_3) \left\{ \frac{\cos((2k_2 - k_1 + k_3)t + \beta_3) - \cos \beta_3}{2k_2 - k_1 + k_3} \right. \\ & \left. - \frac{\cos((2k_2 + k_1 - k_3)t - \beta_3) - \cos \beta_3}{2k_2 + k_1 - k_3} \right\};\end{aligned}\tag{4}$$

Якщо належним чином задати частоти  $k_1, k_2, k_3$  і фазу  $\beta_3$  в (2), то еталонна модель обертання представляється квазікоординатами (3), де компоненти вектора позірного повороту визначаються виразами (4), і відповідним точним кватерніоном орієнтації (2).

На основі отриманого в [3] розкладення 5-го порядку частинного розв'язку кінематичного рівняння в кватерніонах в степеневий ряд в термінах першої різниці вектора позірного повороту одержані алгоритми четвертого порядку, векторна частина кватерніона повороту яких явно залежить від динамічних коефіцієнтів і приведених моментів. Для степеневих алгоритмів побудовані їх інтерполяційні модифікації, що не містять динамічні коефіцієнти і приведені моменти. Це можливо за рахунок використання інформації про позірні повороти, що зняті у внутрішніх точках такту  $[t_{n-1}, t_n]$ . На еталонній моделі (2), (3), (4) показано, що інтерполяційні модифікації степеневих алгоритмів мають підвищені точності характеристики у порівнянні з відомими різницевиими алгоритмами.

**Висновки.** Запропонована нова аналітична трьохчастотна еталонна модель обертання твердого тіла, в основі якої лежить тригонометричне мультиплікативне представлення кватерніона орієнтації. Показано, що за допомогою цієї моделі при належному виборі параметрів можна отримати достатньо широкий набір рухів об'єкта як твердого тіла. Для степеневих алгоритмів четвертого порядку на запропонованій еталонній моделі при різних значеннях параметрів отримані оцінки похибки визначення орієнтації типу дрейфу.

#### Список літератури:

1. Бранец В.М. Введение в теорию безплатформенных инерционных навигационных систем. / В.М. Бранец, И.П. Шмыглевский – М.: Наука, 1992. – 290 с.
2. Mortensen R.E. Strapdown Guidance Error Analysis. – IEEE Trans. Aerospace and Electr. Syst., 1974, vol. 10, No 4, pp.451–458.
3. Плакий Ю.А. Разложение 5-го порядка частного решения кинематического уравнения в кватернионах в ряд по степеням кажущихся поворотов / Ю.А.Плакий// Вісник НТУ «ХП», № 42. – 2009. – С. 137–141.



**М.Ю. ЛАЗАРЕВ, С.В. ОЛЬШАНСЬКИЙ**, канд. фіз.-мат. наук

### Задача падіння краплі під малим кутом до вертикалі

Для технічних розрахунків польоту крапель бажано мати прості, але досить точні теорії. Певний компроміс між цими вимогами можна досягти, розглядаючи краплю як тверде сферовидне тіло змінної маси. Його рух у газовому середовищі найбільш просто дослідити методами теоретичної механіки, зробивши певні припущення стосовно взаємодії краплі з газом.

Виходячи з цього проведемо короткий огляд публікацій, у яких висвітлено особливості використання розпиленних струменів у пожежній справі. Численні дослідження вказують на те, що розпилення вогнегасних рідин до певних розмірів крапель підвищує їх вогнегасну дію. Серед ранніх видань російською заслуговує на окрему увагу монографія [1], де розглянуто хімічні та фізичні процеси, що виникають при горінні та під час його гасіння. У ній зауважено на те, що в наслідок диспергування вогнегасних рідин скорочуються їх витрати та час гасіння пожежі. Про ефективність використання технічних засобів, які подають розпилені вогнегасні рідини в осередок горіння, йдеться у статті [2].

Отже, з наведеного випливає необхідність подальшого вивчення польоту дрібних крапель вогнегасної рідини.

Вважаємо, що початкова швидкість витікання краплі  $\vec{v}_0$ , крім вертикальної  $v_3$ , має також горизонтальну проекцію  $v_1$ , причому  $v_1 \leq 0,2v_3$ .

Положення краплі на траєкторії визначається координатами  $x$  і  $z$ , а зменшення радіуса краплі в ході польоту пропорційне довжині радіуса вектора  $R = R(x, z) = (x^2 + z^2)^{1/2}$ . Вісь  $oz$  спрямована донизу.  $\lambda$  – коефіцієнт швидкості зменшення радіуса в часі.  $k$  – зведений коефіцієнт аеродинамічного опору.  $r_0$  – початковий радіус краплі.  $g$  – прискорення вільного падіння.

За цих припущень рух частки описується системою рівнянь

$$\frac{d\dot{x}}{dt} + \frac{k\dot{x}}{r_0 - \lambda R} (\dot{x}^2 + \dot{z}^2)^{1/2} = 0; \quad \frac{d\dot{z}}{dt} + \frac{k\dot{z}}{r_0 - \lambda R} (\dot{x}^2 + \dot{z}^2)^{1/2} = g \quad (1)$$

Оскільки  $v_3$  значно більша, ніж  $v_1$ , то для будь якого  $t$ ,  $z(t)$  буде значно більшим, ніж  $x(t)$ .

З метою одержання аналітичних розв'язків спростимо нелінійну систему (1). Враховуючи малий вплив гравітації, особливо на початковій ділянці руху, будемо вважати траєкторію близькою до прямої лінії. Перейшовши від похідної по  $t$  до похідних за просторовими координатами, одержуємо (2)

$$\frac{d\dot{x}}{dx} + \frac{k_1\dot{x}^2}{r_0 - \lambda_1 x} = 0; \quad \frac{d\dot{z}}{dz} + \frac{k_3\dot{z}^2}{r_0 - \lambda_3 z} = \frac{g}{\dot{z}}. \quad (2)$$

Розв'язок першого рівняння, що задовольняє початкові умові  $\dot{x}(0) = v_1$ , має вигляд

$$\dot{x} = v_1 \left( 1 - \frac{\lambda_1 x}{r_0} \right)^{k_1/\lambda_1} = v_1 \left( 1 - \frac{\lambda_1}{r_0} \frac{v_1}{v_3} z \right)^{k_1/\lambda_1} \quad (3)$$

Розв'язок другого рівняння теж отримуємо в елементарних функціях:

$$\dot{z} = (r_0 - \lambda_3 z)^{\frac{k_3}{\lambda_3}} \left[ v_3^2 r_0^{\frac{-2k_3}{\lambda_3}} + \frac{2g}{\lambda_3 - 2k_3} \left( r_0^{\frac{\lambda_3 - 2k_3}{\lambda_3}} - (r_0 - \lambda_3 z)^{\frac{\lambda_3 - 2k_3}{\lambda_3}} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Використовуючи формули (3) і (4) можна наближено обчислити проекції швидкості квазівертикального падіння краплі в залежності від зміни висоти польоту.

Прийmemo наступні вихідні дані:  $r_0 = 2 \cdot 10^{-4}$  м;  $k = 3,12 \cdot 10^{-5}$ ;  $\lambda = 10^{-5}$ ;  $v_1 = 10$  м/с;  $v_3 = 80$  м/с.

Таблиця 1

Результати розрахунків проекцій швидкості краплі двома способами

z, м	Числове інтегрування системи (1)		По формулам (3), (4)	
	$\dot{x}$ , м/с	$\dot{z}$ , м/с	$\dot{x}$ , м/с	$\dot{z}$ , м/с
0.1	9.844	78.761	9.844	78.761
0.5	9.235	73.941	9.235	73.939
1	8.510	68.200	8.510	68.205
2	7.179	57.677	7.179	57.680
5	4.043	33.009	4.043	33.006
10	1.125	10.813	1.123	10.797
15	0.125	4.403	0.123	4.370

У межах задачі за допомогою розрахункових формул (3) та (4), були отримані залежності швидкості вертикального падіння краплі від переміщення. Результати в таблиці свідчать про високу точність запропонованих наближених формул.

### Список літератури:

1. Шрайбер Г.М. Огнетушащие средства: Химико-физические процессы при горении и тушении. – М.: Стройиздат, 1975. – 240с.
2. Шаповалова Е.А. Оценка достоверности при расчёте дальности подачи огнетушащего вещества // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. Вып. 7. – Харьков: Фолио, 2000. – С. 227 – 229.

**Н.В. ЛЕОНОВА, О.А. ТАТАРИНОВА**, канд. техн. наук, доцент

### **Створення алгоритмічного та програмного забезпечення для моделювання процесів перерозподілу тепла у тонких пластинах.**

Наука про теплообмін налічує кілька століть, але справжнього розквіту вона досягла лише в ХХ столітті, знайшовши широке застосування при вирішенні актуальних практичних задач техніки. Особливо складні і важливі завдання стоять в галузі вивчення теплообміну в сучасній авіаційній, ракетній і космічній техніці. Велике значення теорія теплообміну має в розрахунках як самих теплових режимів літальних апаратів, так і систем їх забезпечення, а також систем життєзабезпечення екіпажу, надійної роботи радіоелектронної апаратури тощо [1].

Аналіз наукових робіт показав, що задача теплопровідності вирішується багатьма методами, але універсального методу не має. Сучасна наука и техніка вимагають вирішення задач з математичними моделями адекватними реальним процесам, для яких використання аналітичних точних методів стає неможливим із-за складності поставлених задач та в яких повинно враховуватись багато чинників. Саме тому виникає необхідність використання чисельних методів. Одним з кращих чисельних методів є метод скінченних різниць, для якого ще не було розроблено програмного забезпечення, яке могло вирішувати задачу теплопровідності з різними видами граничних та початкових умов. [2-4]

Метою роботи є розробка програмного забезпечення для розв'язання задач теплопровідності для областей неправильної форми методом скінченних різниць. У роботі розглядається задача нестационарної теплопровідності у тонких пластинах довільної форми, з початковими та крайовими умовами першого, другого або третього роду. Було створено алгоритм та розроблено програмне забезпечення, що реалізує методику розв'язання поставленої задачі на базі методу скінченних різниць. Проведено тестування на прикладах розв'язання тестових задач теплопровідності для різних типів граничних умов. Порівняння отриманих чисельних розв'язків з аналітичними показало, що максимальна похибка не перевищує 3 %.

Однією з вирішених задач теплопровідності з криволінійними границями була задача виду:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

з граничними умовами:

$$\begin{aligned} u_x(0, y, t) &= 0, & u_y(x, 0, t) &= 0, \\ u_x(L, y, t) &= \frac{u^4}{2}, & u_y(x, H, t) &= \frac{u^4}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

та початковими умовами:

$$u(x, y, 0) = 10 \quad (3)$$

Розглядається область, яку зображено на рис.1.

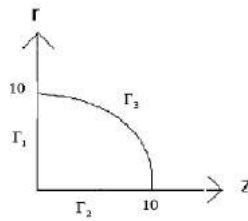


Рис. 1 – Вид пластини

Побудована сітка та розв'язок мають вигляд, представлений на рис.2.

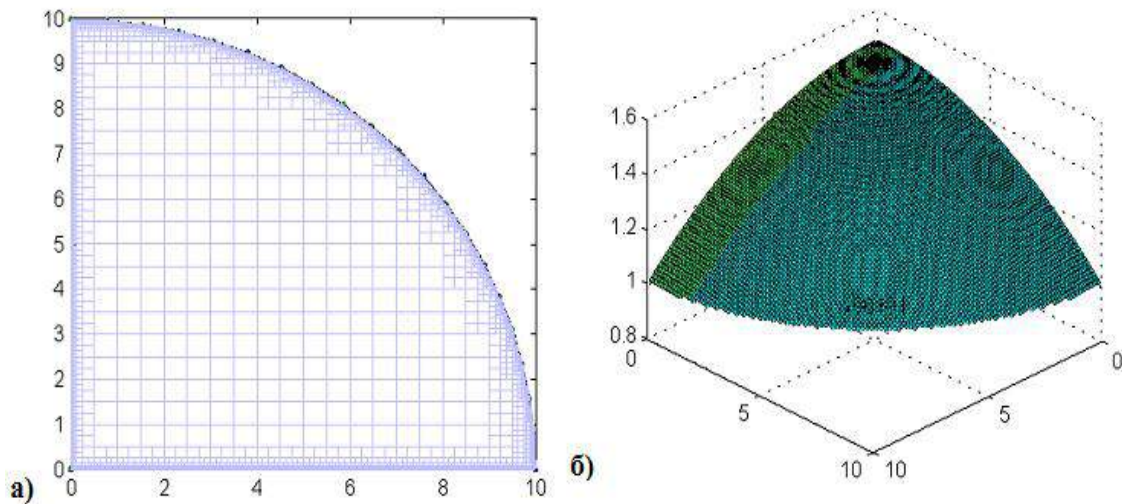


Рис. 2 – а) побудована сітка для методу;  
б) - вигляд побудованого розв'язку

Практична цінність розробленого програмного забезпечення для розв'язання задач теплопровідності полягає в тому, що отримані розв'язання за допомогою розробленого програмного забезпечення відрізняються від аналітичних помітною простотою конструкції при точності, цілком достатньою для прикладних задач. Отримані розв'язки задач перерозподілу тепла можуть бути особливо корисні у випадках, коли рішення температурної задачі є проміжною стадією будь-яких інших досліджень, наприклад, вирішення задач термопружності, задач автоматизованого проектування та управління, обернених задач теплопровідності.

### Список літератури

1. Авдеевский В.С. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике: Учебник для авиационных специальностей вузов./ В.С. Авдеевский, Б.М. Галицкий, Г.А. Глебов. – М.: Машиностроение, 1992. – 582 с.
2. Рындин Е.А. Методы решения задач математической физики / Е.А. Рындин, – М. Интеграл-пресс, 2002. – 112 с.
3. Патанкар С.В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах / С.В. Патанкар, – М.: МЭИ, 2003. – 312с.
4. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галеркина: пер. с англ. / К. Флетчер – М.: Мир, 1988. – 352 с.

**В.Г. МАРТИНЕНКО, Г.І. ЛЬВОВ**, докт. техн. наук, професор

**Дослідження напружено-деформованого стану трубопроводу в  
місці ремонтної накладки**

На даний момент природний газ є одним з найпоширеніших джерел тепла та енергії. Використання цього виду палива на виробництві, в опалюванні, а також в житлових будинках підвищує потребу в транспортуванні його на великі відстані. З цією метою по всьому світу будуються газопровідні магістралі – як транснаціональні, так і внутрішньодержавні. Основним матеріалом для газопроводів є сталь. Проте в процесі експлуатації цих комунікацій стикаються з рядом проблем, серед яких однією з найнебезпечніших є виникнення локальних дефектів трубопроводу, що з'являються внаслідок корозії металу, з якого виготовлений трубопровід. У такому разі через мікроскопічність розмірів ушкодження в порівнянні з розмірами усієї конструкції в місці його дислокації виникає концентрація напружень, яка, з урахуванням великих значень внутрішнього тиску, може призвести до тріщин, витоку газу і руйнування конструкції. В цьому випадку ситуація руйнування особливо небезпечна, оскільки ми маємо справу з легкозаймистою і вибухонебезпечною речовиною.

В якості методу боротьби із дефектами трубопроводів поширення набуло нанесення в місці ушкодження труби шару склопластику, який заповнює порожнини дефектів і зміцнює конструкцію [1]. Тому дослідження, присвячені вивченню особливостей поведінки таких конструкцій, є актуальними.

У роботі ставиться задача знаходження напружено-деформованого стану трубопроводу на ділянці дефекту з нанесеною на нього ремонтною накладкою в трьох постановках для виконання порівняльного аналізу з метою знаходження найбільш адекватної моделі, а саме: аналітично без дефекту у стінці трубопроводу за умови сумісного навантаження пружної ізотропної сталеві труби й пружної ортотропної ремонтної накладки [2] та чисельно в об'ємній постановці за допомогою методу скінченних елементів [3] без та з урахуванням в'язкопружних властивостей склопластику.

У ході вирішення аналітичної задачі було отримане рівняння Ляме для ортотропного матеріалу в полярній системі координат:

$$\frac{d^2 u}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du}{dr} - \frac{E_\theta}{E_r} \frac{u}{r^2} = 0, \quad (1)$$

де  $r$  – радіальна координата;  $u=u(r)$  – радіальні переміщення;  $E_r$ ,  $E_\theta$  – модулі пружності в радіальному та окружному напрямках.

Вирішення рівняння (1) має вигляд:  $u = A_1 r^{\sqrt{E_\theta/E_r}} + A_2 r^{-\sqrt{E_\theta/E_r}}$ , де  $A_1$ ,  $A_2$  – незалежні константи інтегрування. Враховуючи вирішення такого рівняння для випадку ізотропної поведінки матеріалу (тобто  $E_r = E_\theta$ ), а також граничні умови та умови спряженості, була побудована система лінійних алгебраїчних рівнянь для невідомих коефіцієнтів інтегрування, що дало можливість отримати

результати для радіальних переміщень та радіальних напружень у конструкції, що складається з внутрішнього ізотропного та зовнішнього ортотропного циліндрів. Такі результати наведені на рис. 1а.

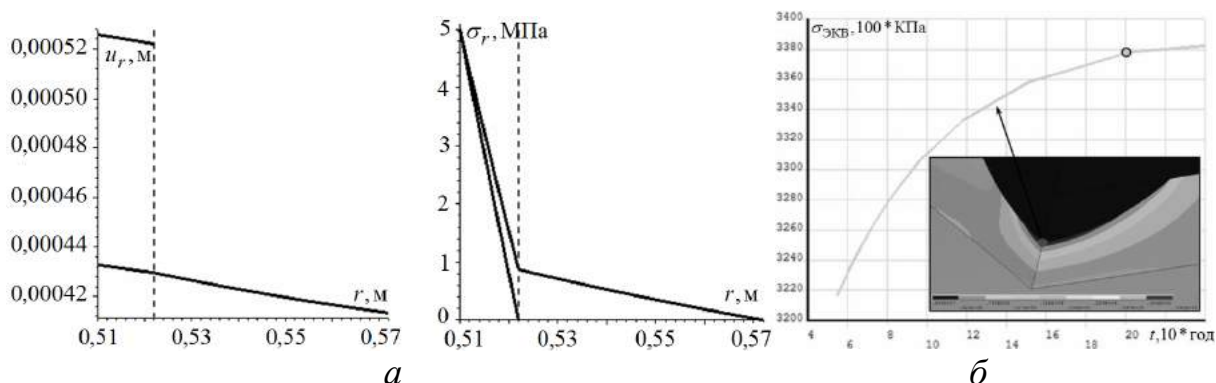


Рис. 1 – Результати розрахунків: *а* – для аналітичної моделі (залежність радіальних переміщень і радіальних напружень від радіальної координати); *б* – для чисельної моделі (залежність максимальних еквівалентних напружень у небезпечній точці від часу)

При розгляді в'язкопружної поведінки склопластику реологічна модель його фізичних властивостей була обрана у вигляді моделі Кельвіна.

При цьому фізичні співвідношення записувались наступним чином [4]:

$$\hat{\sigma} = \int_0^t 2G(t-\tau) \frac{d\hat{\epsilon}}{d\tau} d\tau + \hat{I} \int_0^t K(t-\tau) \frac{d\Delta}{d\tau} d\tau \quad (2)$$

Графік залежності від часу максимальних еквівалентних за Мізесом напружень за таких умов набув вигляду, представленого на рис. 1б.

У ході досліджень було встановлено, що розходження результатів розрахунків між одновимірною та об'ємною моделями становить менше 2%, що свідчить про можливість та необхідність використання об'ємної моделі, тому що вона дозволяє враховувати дефект. Також визначено, що бандажування знижує перепад між радіальними напруженнями за відсутності дефекту та значно зменшує рівень максимальних еквівалентних за Мізесом напружень у місці дефекту як у випадку пружної, так і у випадку в'язкопружної поведінки склопластику. Це свідчить про доцільність використання такого способу ремонту трубопроводів за умови виникнення в них одиничних локальних дефектів. Водночас врахування в'язкопружних властивостей склопластику збільшує максимальні еквівалентні за Мізесом напруження, що говорить про необхідність їх розгляду.

#### Список літератури:

1. Мустафин Ф.М. Защита трубопроводов от коррозии / Ф.М. Мустафин, Л.И. Быков // –М.: Недра., 2007. –Т. 2. –708 с.
2. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности / В.И. Самуль // –М.: Высш. школа, 1982. –264 с.
3. Зенкевич О.С. Метод конечных элементов в технике / О.С. Зенкевич // –М.: Мир, 1975. –543 с.
4. Москвитин В.В. Соппротивление вязкоупругих материалов применительно к зарядам ракетных двигателей на твердом топливе / В.В. Москвитин // –М.: Наука, 1972. –327 с.

**И.Т. МИХНЕНКО, Ю.М. АНДРЕЕВ**, докт. техн. наук, доцент

### **Реализация бесконечных сумматоров и несобственных интегралов в системе специальной компьютерной алгебры «КиДиМ»**

В данной работе решается задача по расширению функциональных возможностей существующих модулей специальной системы компьютерной алгебры КиДиМ (ССКА КиДиМ) для решения задач математической физики.

Данная тема актуальна, так как она значительно расширяет возможности программного комплекса и позволяет решать целый класс задач математической физики, такие как колебания мембраны, задачи теплопроводности, колебания струн. Основные преимущества ССКА КиДиМ перед другими математическими пакетами, поддерживающими данные возможности – оптимальность решения, свободные версии, понятный пользовательский интерфейс. КиДиМ включает в себя необходимые функции и настройки, помогающие пользователю при задании начальных условий и записи соответствующих аналитических выражений и инструкций получить решение задачи.

Эти решения во многих случаях могут быть записаны аналитическими выражениями, оперирующими с бесконечными суммами и несобственными интегралами. Поэтому ССКА КиДиМ должна давать возможность записать пользователю в исходных данных такие выражения, редактировать их, диагностировать, читать, распознавать, хранить в оперативной памяти, печатать, рассчитывать, если необходимо, делать преобразования – упрощать, дифференцировать, интегрировать [1].

Сумматор в ССКА «КиДиМ» в текстовой нотации имеет синтаксис:

$$\text{summ}(f(i), i, i_0, i_k)$$

В графической нотации это равнозначно традиционной математической записи

$$\sum_{i=i_0}^{i_k} f(i)$$

Аргументы такой записи задают суммируемую формулу, индекс суммирования и границы его изменения. При этом суммируемая формула должна зависеть от индекса суммирования и может быть любой формулой в т.ч. константой, переменной, выражением и сумматором или интегралом. Границы изменения индекса могут быть бесконечно большими (используется слово *infinity* с плюсом (или без знака) или с минусом), а также функциями, вырабатывающими целочисленные значения. Шаг изменения индекса предполагается равным 1. Если сумматор имеет бесконечные границы, то в

случае, когда члены ряда имеют одинаковый знак, может потребоваться выражение для остаточного члена, которое записывается через запятую после верхнего предела. Суммируемая формула может также содержать индексированные по индексу  $i$  переменные и сам индекс суммирования. Для обозначения в именах переменных нижних индексов перед обозначением индекса необходимо поставить символ '\$'.

Интегралы в ССКА «КиДиМ» в текстовой нотации записываются:

$$intg(f(x),x,a,b)$$

В графической нотации это равнозначно традиционной математической записи

$$\int_a^b f(x)dx$$

Аргументы такой записи задают подынтегральную функцию, переменную интегрирования и пределы ее изменения. При этом подынтегральная функция может быть любой формулой в т.ч. константой, переменной, выражением, сумматором и интегралом. Пределы изменения переменной могут быть бесконечно большими (используется слово *infinity* с плюсом (или без знака) или с минусом), а также выражениями.

Все аналитические выражения в ССКА КиДиМ представляются в памяти ПК бинарными деревьями, что оптимизирует затраты памяти, скорость расчетов и преобразования. При реализации сумматоров и интегралов было рассмотрено несколько вариантов решения [2-3] и найден нетривиальный вариант, при котором используется остаточный член, дающий оценку точности суммирования или интегрирования, для чего ряд мажорируется геометрической прогрессией. Данный метод был проверен на примере свободных колебаний мембраны. Результат, полученный в ССКА КиДиМ, был сопоставлен с результатами, полученными, при использовании других математических пакетов.

### **Список литературы:**

1. Андреев. Ю. М. Теоретическая и аналитическая механика: Решение заданий с помощью компьютерной алгебры «КиДиМ» / Ю. М. Андреев. Харьков: НТУ ХПИ, 2013. - 184 с.
2. Дьяконов В. П. Справочник по применению системы PC MATLAB / В. П. Дьяконов. - М.: Физматлит, 1993. - 112 с.
3. Таранчук В. Б. Основные функции систем компьютерной алгебры / В. Б. Таранчук. - Минск: БГУ, 2013. - 59 с.



**І.А. ОПРИЩЕНКО, Ю.А. ПЛАКСІЙ**, канд. техн. наук, доцент

### **Кінцево-крокові методи ідентифікації рівноважного положення динамічної системи за результатами вимірювань**

Задача отримання достовірних оцінок рівноважного стану динамічних систем за результатами вимірювань сигналу на виході системи за проміжок часу, коли рівноважний стан ще не встановився, є актуальною [1].

Розглядається задача ідентифікації динамічної рівноваги об'єкта за результатами прямих вимірювань поточного стану в умовах, коли до розрахункових алгоритмів пред'являються вимоги забезпечення заданої точності, мінімального об'єму обчислень, стійкості обчислювального процесу та отримання розв'язку за обмежений проміжок часу. Сигнал на виході лінійної динамічної системи можна представити у вигляді:

$$\alpha(t) = R + \sum_{k=1}^n A_k e^{(-h_k t)} \sin(\omega_k t + \psi_k), \quad (1)$$

де частоти  $h_k$  можуть бути від'ємними, додатними та рівними нулю.

Розроблені і математично обґрунтовані точкові та інтегральні скінченно-крокові методи визначення рівноважного положення динамічної системи  $n$ -го порядку за результатами мінімальної кількості вимірювань вихідного сигналу  $\alpha_p = \alpha(t_p)$ . Методи основані на використанні спеціальним чином сформованих сум та різниць вимірювань або інтегралів від вимірювань на рівновіддалених проміжках часу. В результаті розробленого підходу формуються два визначника, які приводять до системи лінійних алгебраїчних рівнянь відносно невідомих  $z_i$ , які залежать від відношень алгебраїчних доповнень вказаних визначників для елементів першого стовпчика, і рівноважного положення  $R$ . При цьому частина системи алгебраїчних рівнянь не містить  $R$  і може бути самостійно розв'язана відносно невідомих  $z_i$ .

Показано, що в умовах ідеального процесу на виході системи точність визначення рівноважного положення залежить від точності розв'язання відповідної системи алгебраїчних рівнянь. Для проведення математичного експерименту розроблені розрахункові програми мовою C++.

В якості практичної задачі розглянута задача визначення рівноважного положення гірокомпасу при початковій виставці інерціальної навігаційної системи. Приводяться чисельні результати моделювання процесів ідентифікації рівноважного положення на ПЕОМ.

#### **Список літератури:**

1. Тимофеев В.А. Инженерные методы расчета и исследования динамических систем / В.А.Тимофеев – Л.: Энергия, 1975. – 320 с.
2. Никульченко А.Г. Конечнo-шаговый метод идентификации равновесного положения САР / А.Г.Никульченко, Л.В.Ширулина // Вестник Харьк. политехн. ин-та, №163. – 1980. – С.18–22.

**И.А. ОРОБИНСКАЯ, Г.И. ЛЬВОВ**, докт. техн. наук, профессор

**Исследование напряженно-деформированного состояния ствола гидропушки и бандажа. Расчет собственных форм и собственных частот ствола гидропушки**

Незатухающий интерес к пульсирующим водяным струям, их производству и применениям, а также к развитию, усовершенствованию различных устройств для их получения, в инженерном деле наблюдается с начала 60-х годов. Он связан с тем, что водяной заряд, ударяющий об мишень, может передавать кратковременное давление большой интенсивности. Импульсная струя может совершать тот же тип работы, что и стационарная струя, только с гораздо меньшими затратами. Для получения высокоскоростных струй жидкости в корпусе гидропушки должно быть создано высокое давление, величина которого может находиться на пределе прочности материала, из которого сделана гидропушка, поэтому ее ствол должен быть упрочнен. В настоящее время, получили широкое распространение методы прессовой насадки и упрочнения корпуса путем навивки высокопрочной стальной проволоки.

Целью работы является построение модели для исследования напряженно-деформированного состояния гидропушки при разном типе сцепления ствола и бандажа. Будет проводиться статический анализ деформированного состояния заданной конструкции под действием нагрузки, при помощи программного комплекса ANSYS, который будет сравниваться с контактным анализом той же самой модели. Так же, необходимо смоделировать трехмерную модель ствола и бандажа, чтобы исследовать собственные формы и собственные частоты данной конструкции.

Сравнивая результаты статического анализа и контактной задачи, было установлено, что пренебрежение проскальзыванием на границе контакта незначительно влияет на напряжения при квазистатическом нагружении, т.е. контактные элементы нам нужны были для того, чтобы обосновать правильность выдвинутой теории.

При анализе собственных форм и частот конструкции были получены достаточно высокие частоты. Это происходит потому, что моделируется всего лишь часть ствола, причем из достаточно жесткого материала, а именно сталь 30ХГСА.

**Список литературы:**

1. Басов К. А. Решение контактных задач в программном комплексе ANSYS.-2006.-С. 640.
2. Бабаков И.В. Теория колебаний /И.В. Бабаков - М: Дрофа, 2004.
3. Ананьев И.В. Колебания упругих систем в авиационных конструкциях.- 1965г.

**С. О. ПАЩЕНКО, Д. В. БРЕСЛАВСЬКИЙ**, докт. техн. наук

### Дослідження температурного поля в околі блока гіроскопів штучного супутника землі "січ-2"

Дана робота присвячена дослідженню температурного поля блока гіроскопів штучного супутника Землі "Січ-2", який перебуває на високій орбіті з висотою 700 км. Наведено математичну постановку задачі з урахування особливостей теплообміну, що протікає у космосі: інтенсивність теплових потоків, що надходять від сонячної сторони, моделюється у вигляді крайових умов Неймана [1]:

$$\partial u / \partial n = q(t),$$

де  $\partial u / \partial n$  - проекція температурного градієнта на нормаль,  $q(t)$  - інтенсивність теплового потоку, а інтенсивність радіаційного (променевого) випромінювання - шляхом крайових умов Стефана-Больцмана:

$$\partial u / \partial n = Ae\delta(T_1^4 - T_2^4),$$

де  $A$  - площа поверхні, що охолоджується,  $e$  - коефіцієнт чорноти матеріалу.

Для даної задачі корпус супутника було взято зі сплаву дюралюмінію з густиною матеріалу -  $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$  та коефіцієнтом чорноти -  $e = 0.04$ .  $T_1$  - поточна температура тіла,  $T_2$  - температура оточуючого середовища. Коефіцієнти теплопровідності:

$$k_x = k_y = k_z = 160 \text{ Вт/мм} \cdot \text{К}.$$

Закон руху супутника по орбіті представлено на рисунку 1.

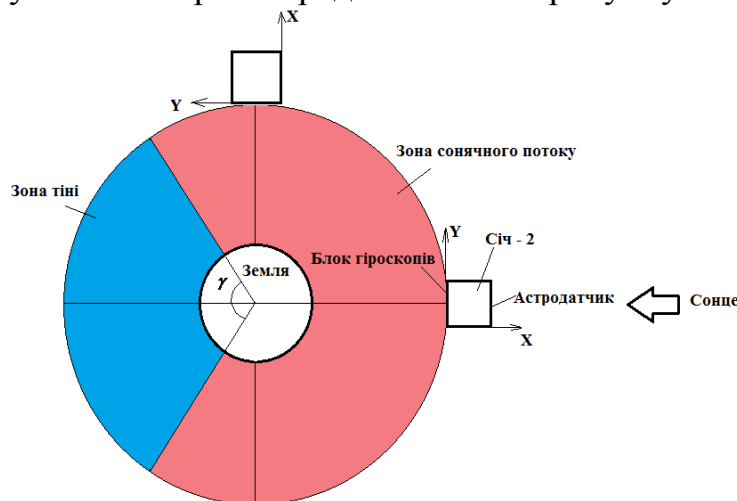


Рис. 1 – Закон руху супутника

Геометричні параметри корпусу супутника: довжина зовнішньої грані -  $a = 740$  мм., внутрішньої -  $b = 700$  мм. Схематично супутника наведено на рисунку 2.

Задача розв'язувалася за допомогою розробленого програмного засобу, який працює на загальних принципах скінченноелементного підходу [2].

Програма дозволяє враховувати складні нелінійні крайові умови у вигляді закону Стефана-Больцмана. Кількість елементів скінченноелементної моделі складає 8000. Розв'язання задачі проводилося в 3 етапи з різними коефіцієнтами теплоізоляції, яку було встановлено на внутрішні грані корпусу з метою відведення теплової енергії від блока гіроскопів. Інтенсивність теплового потоку на високих орбітах складає  $\bar{q} = 133.6 \text{ Вт/мм}^2$  [3]. Період обертання супутника навколо Землі складає 100хв.

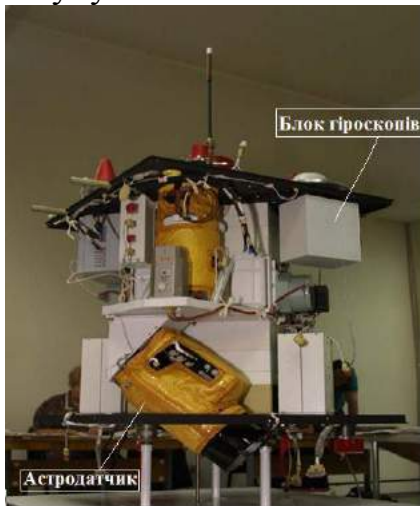


Рис. 2 – Штучний супутник Землі «Січ-2»

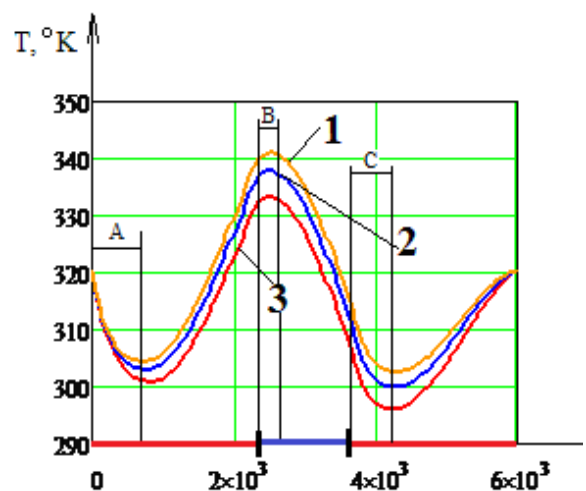


Рис. 3 – Еволюція температури

Астродатчик завжди напрямлений на земну поверхню, а корпус супутника здійснює скануючі коливання в діапазоні  $\alpha = 30^\circ$  протягом 10 хв. Кут тіні Землі складає  $\gamma = 100^\circ$ . Час дискретизації - 10с. Схему руху наведено на рисунку 1. В ході дослідження було виявлено інерційні зони остигання і нагрівання апарату в тінювій і на сонячній стороні відповідно для всіх випадків теплоізоляції, але корпус все ж перегрівається. На рисунку 3 Крива 1 описує еволюцію температури на блоці гіроскопа з коефіцієнтом теплоізоляції  $\lambda = 1$ ; крива 2 -  $\lambda = 0.5$ ; крива 3 -  $\lambda = 0.2$ . зона А відповідає інерційному остигання області гіроскопа після відділення супутника від ракети-носія. Зона В - це зона інерційного нагріву. С - зона інерційного нагріву, аналогічна зоні А. Для забезпечення нормального температурного функціонування, на супутник було встановлено радіаторні панелі.

Проведені чисельні дослідження продемонстрували можливості створеного програмного забезпечення для моделювання задач нестационарної теплопровідності у корпусах космічних літальних апаратів.

#### Список літератури:

1. Самарский А.А. Уравнения математической физики (5-е изд.)/ А. А. Самарский, А.Н.Тихонов. - М.: Наука, 1977. – 728с.
2. Морган О. Конечные элементы и аппроксимации. / О. Морган, К. Зенкевич. – М. : Мир. 1986. – 309с.
3. Санин Ф. П. Космос и технологии: Учебное пособие / Ф. П. Санин. –Д.: АРТ-ПРЕСС. 2007. – 456 с.

**Ю.А. ПЕТРОВА, А.А. ЛАРИН**, канд. техн. наук, доцент

### **Подход субмоделирования в анализе напряжённно-деформированного состояния элементов шины.**

Пневматические шины представляют собой важные элементы ходовой части автомобилей, а их безотказная работа является одним из определяющих факторов в надежности работы всего транспортного средства. Среди основных типов отказов пневматических шин следует отметить отказы, реализуемых в результате: механических повреждений, износа элементов протектора и развития усталостных внутренних дефектов.

Отказы такого типа формируются под влиянием циклически изменяемых напряжений образующихся в процессе работы шины. Поэтому анализ надежности и прогноз ресурса требует наличия достоверной информации о напряженно-деформированном состоянии (НДС) ее внутренних элементов. Следует отметить, что изучение закономерностей формирования НДС в элементах шин представляет сложную научно-практическую проблему вследствие целого ряда особенностей: трехмерная геометрия, многослойная структура, большие прогибы при деформации, наличие контактного взаимодействия с дорожным покрытием, а также наличие криволинейной ортотропии свойств.

Отдельной проблемой в вопросах построения математических моделей шин и проведения на их основе расчетов является проблема учета неоднородной структуры ее отдельных слоев. Так, в шине присутствуют композиционные слои, а именно, каркас и брекер, которые в своём составе имеют металлический и текстильный корды.

Так, в данной работе рассматривается радиальная пневматическая шина модели 205/55R16, нагруженная внутренним давлением величиной 0,2 МПа, и находящаяся в контакте с дорогой под действием вертикальной нагрузки. Деформированное состояние данной шины определяется на основе детальной конечно-элементной модели контактного взаимодействия шины с дорожным покрытием, которая учитывает особенности трехмерной геометрии, многослойную структуру, ортотропию механических свойств и геометрическую нелинейность деформирования материалов. Следует отметить, что данная модель не позволяет определять достоверные значения напряжений, вследствие наличия внутри шин композитных элементов усиленные кордом.

С целью определения распределения напряжений в композитных слоях шины, которые являются наиболее нагруженными, в работе используется микро-механическая модель презентативного объема соответствующих частей. Граничные условия для данной модели получены на основе результатов расчетов деформирования всей конечно-элементной модели шины.

**М. С. ПОГРИБНЯК****Дифференциальные преобразования для анализа и синтеза динамических нелинейных систем**

Интегральные преобразования Лапласа и Фурье получили широкое распространение в электротехнике, автоматике, механике и других науках. Это связано с переходом от дифференциальных уравнений к более простым алгебраическим. Но использование этих методов к анализу динамических систем с нелинейными характеристиками не даст особых преимуществ по сравнению с прямыми численными методами.

Дифференциальные преобразования, целесообразно использовать потому, что они позволяют эффективно решать интегро-дифференциальные уравнения. Преобразования Тейлора позволяют осуществить анализ как линейных, так и нелинейных систем. Их особенностью является то, что в отличие от преобразований Лапласа, Фурье и других переход от оригиналов к изображению выполняют с помощью операций дифференцирования, а не интегрирования.

Дифференциальные Т-преобразования представляются в виде соответствующей пары зависимостей [1,2]:

$$X(k) = \frac{H^k}{k!} \left( \frac{\partial^k x(t)}{\partial t^k} \right)_{t=0} \leftrightarrow x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left( \frac{t}{H} \right)^k X(k).$$

Величины изображающих функций  $x(k,t)$  и  $X(k)$  при конкретных значениях аргумента  $k$  называются дискретами. Знак  $\leftrightarrow$  - символ соответствия между оригиналом  $x(t)$  и изображениями  $x(k,t)$  и  $X(k)$ . Поскольку восстановление оригинала при посредстве степенного ряда Тейлора, изображения  $x(k,t)$  и  $X(k)$  называются Т-дискретами или Т-функциями.

При решении нелинейных дифференциальных уравнений методами Т-преобразований возникает задача нахождения изображений соответствующих нелинейных зависимостей. Характер нелинейности обуславливает применение для этой цели различных методов: метода, основанного на суперпозиции Т-функции, метода эквивалентных изображающих уравнений и метода кусочной аппроксимации.

Разработка программных модулей реализации дифференциальных Т-преобразований в наиболее распространенных системах автоматизированного математического проектирования (MathCAD, MatLab, Scilab и т.п.) позволит расширить возможности применения дифференциальных Т-преобразований в практике анализа и синтеза динамических нелинейных систем.

Для определения синтаксиса Т-преобразований элементарных и специальных функций в автоматизированной системы математического проектирования MathCAD (что будет актуально и для других систем), разработаны формы Бэкуса - Наура, представленные на рис. 1 и рис. 2.

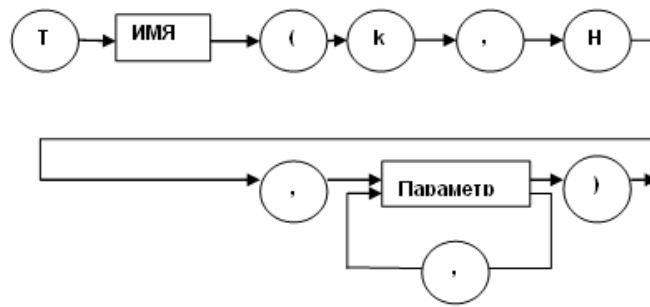


Рис. 1 – Диаграмма Бэкуса-Наура для прямых Т-преобразований

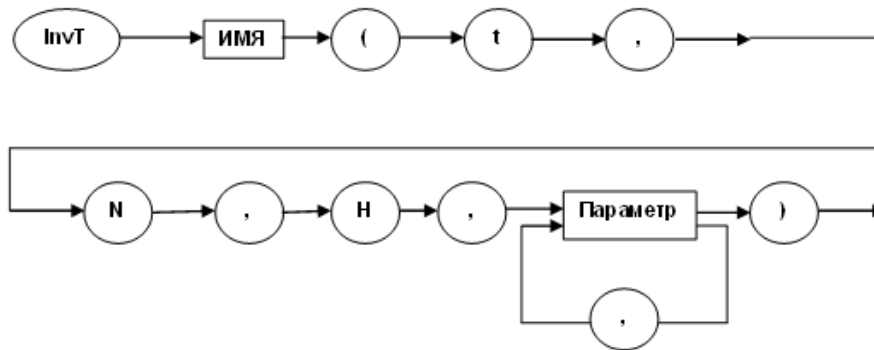


Рис. 2 – Диаграмма Бэкуса-Наура для обратных Т-преобразований

**Т** – префикс, который означает прямое преобразование Тейлора;

**ИМЯ** – название функции согласно синтаксису системы автоматизированного математического проектирования;

**к** – дискретный целочисленный аргумент,  $k = 0, 1, 2, \dots$ ;

**Н** – масштабная постоянная, размерность которой та же, что и аргумента  $t$ , выбирается, как правило, равной отрезку  $0 \leq t \leq H$ , на котором рассматривается функция оригинал  $x(t)$ ;

**Параметр** – параметр функции;

**InvT** – префикс, который обозначает обратное преобразование Тейлора;

**t** – основной аргумент;

**N** – число членов разложения в ряд Тейлора.

На основе разработанных диаграмм Бэкуса-Наура и согласно синтаксису автоматизированной системы математического проектирования MathCAD были описаны Т-спектры элементарных функций и добавлены некоторые специальные функции. Некоторые из них приведены ниже.

Биномиальная  $B_m(\lambda t)$

$$B_m(k, m, H, l) = \sum_{l=0}^m \frac{m!}{(l!)(m-l)!} H^l v(k-1)$$

Логарифмическая  $\text{Ln}(1+x)$

$$T \ln 1 = \frac{(-1)^{k-1} \cdot x^k}{k!} \cdot \frac{H^k}{k!}$$

#### Список литературы:

1. Пухов Г.Е. Преобразования Тейлора и их применение в электротехнике и электронике // «Наук. думка». - Киев, 1978.-259 с.
2. Пухов Г. Е. Дифференциальный анализ электрических цепей // «Наук. думка». - Киев, 1982 – 496 с.

**В.В. ПОКАЛИЦЫН, В.Г. СУКИАСОВ**, канд. техн. наук, доцент

### Прогнозирование технологических напряжений и деформаций в трубопроводе с накладкой

Трубопровод – искусственное сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях

Целью данной работы является прогнозирование технологических напряжений и деформаций в трубопроводе с накладкой под действием температур. Технологически изготавливается так: Наматывается слоями на оснастку (барабан) стеклопластик. Далее поставляется в печь где изделие под действием температур находится там 300 минут. После чего оснастка разбирается и изделие готово для использования. Наша задача в том и состоит, чтобы проанализировать напряжения на технологическом этапе.

Для этого нам необходимо построить геометрическую модель, разбить конструкцию на конечно-элементную сетку, провести стационарный и нестационарный анализ, и проанализировать результаты.

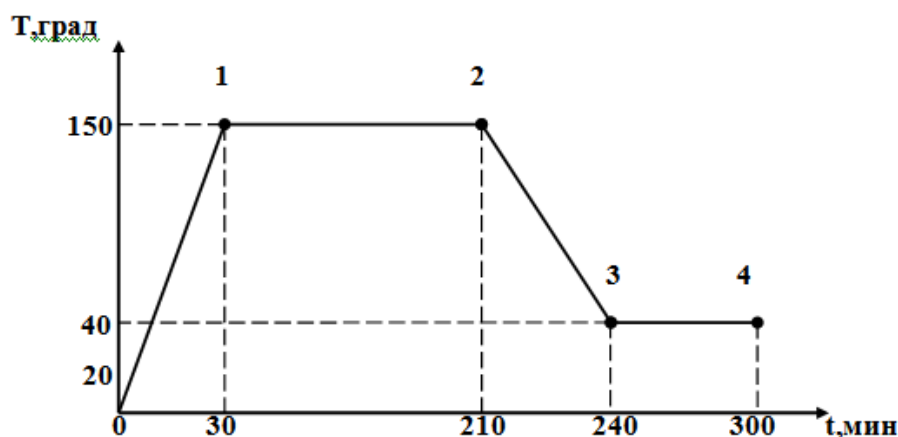


Рис.1 – Температурный режим при изготовлении)

В ходе проведенных исследований был проведен анализ напряжений и деформаций в трубопроводе с накладкой

#### Список литературы:

1. Каплун А.Б., Морозов Е.М. ANSYS в руках инженера. - М.: ДМК Пресс, 2005
2. Тимошенко С.П., Войновский – Кригер С.В. Пластинки и оболочки. – Москва: Наука, 1966.-631с.



**В.В. САС, В.Н. ГРИЩЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Построение компьютерной модели динамических процессов топливоподачи в форсунке дизеля**

В настоящее время наблюдается стойкая потребность в экономичных мощных дизелях. По многим показателям современные зарубежные дизельные транспортные и автотракторные ДВС превосходят отечественные в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов.

Поставленная задача сложная. Решение ее возможно лишь при глубоком изучении и управлении всем процессом топливоподачи, длительность которого составляет  $10^{-2} - 10^{-3}$  с [1-2].

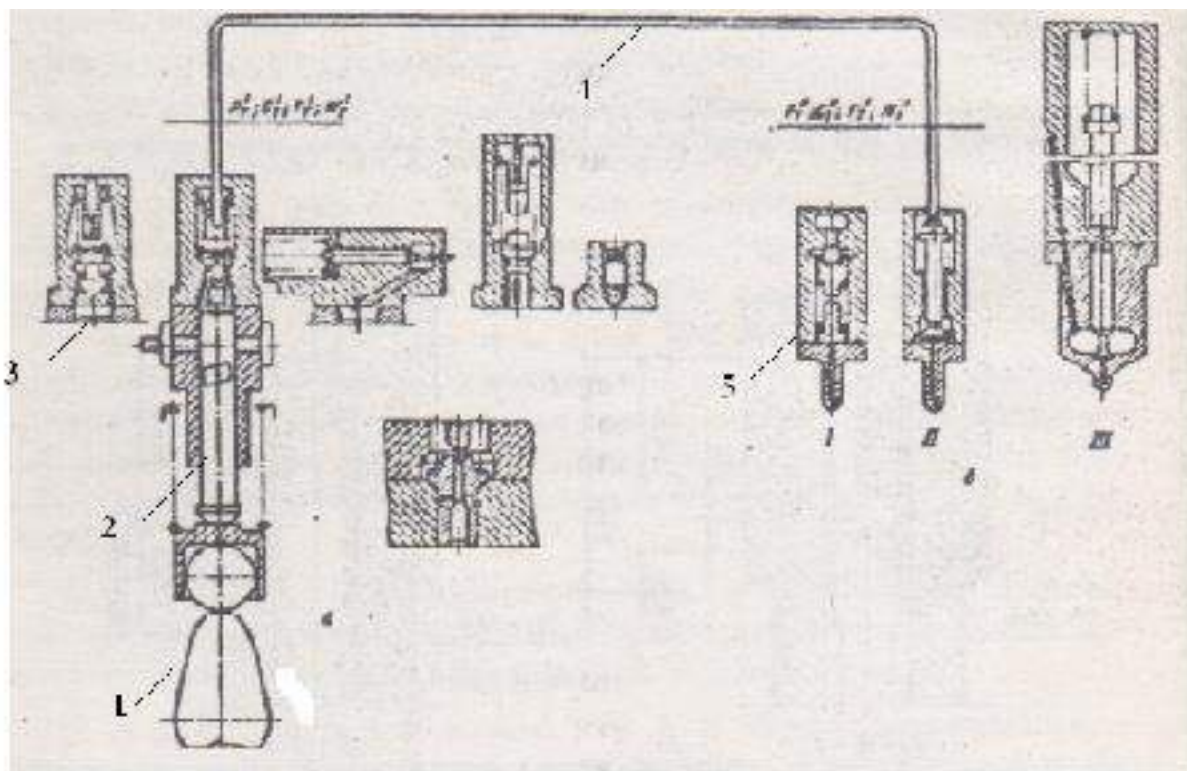


Рис. 1 – Схема топливоподачи

Сюда входят:

1. Сжатие дизельного топлива в топливном насосе высокого давления (или аккумулирующих объемах);
2. Процесс подачи топлива к форсунке;
3. Впрыскивание в цилиндр ДВС при высоком давлении и распыление;
4. Динамика иглы форсунки в условиях ударного взаимодействия с корпусом в потоке топлива.

В литературных источниках приведены результаты анализа преимущественно на квазистатических моделях. Стремление к интенсификации

приводит к сокращению времени впрыска топлива, увеличению скорости процесса топливоподачи, увеличению давления во всех точках системы (до 100-150 МПа). При этом наблюдается нестабильность процесса, зависание плунжера, иглы форсунки, неустойчивость работы, т.е. существенно возрастает роль динамического фактора, нужны новые модели.

В настоящее время сложилось понимание тех основных наиболее важных параметров управления процессом топливо подачи [3]:

1. ЦПТ – обеспечение требуемого закона циклической подачей топлива;
2. УОВТ – рациональный выбор угла опережения впрыскивания;
3. ДВ – управление давлением впрыскивания в системе, включая распылитель.

В анализе нуждаются такие проблемы:

1. Открытие – запираание иглы с учетом фактора подпрыгивания;
2. Четкость фиксации (отсечки) топлива;
3. Рациональные геометрические размеры канала высокого давления, включая распылитель.

Таким образом, процесс топливоподачи сложный, включает противоречивые факторы, режимы работы меняются. Компромиссный вариант возможен только на основе анализа функционирования системы в целом как единой динамической системы.

Успешное решение такой сложной задачи возможно только при использовании современных компьютерных технологий.

В данной работе поставлены задачи:

1. Изучить основные проблемы процесса топливоподачи дизеля;
2. Сформулировать математическую постановку динамического поведения основных узлов системы, включая:

а) Уравнения движения иглы форсунки с учетом усилий пружины, электромагнитного привода, давления газов в цилиндре и влияния потока топлива;

б) Уравнения, связывающие перепады давления в дросселирующих сечениях с секундным расходом топлива и величиной проходного сечения.

3. Разработать компьютерную модель системы топливоподачи дизеля как единую динамическую систему в пакете ANSYS;

4. Провести расчеты поведения отдельных элементов системы на модельных примерах.

#### **Список литературы:**

1. Марков В.А., Кислов В.Г., Хватов В.А. Характеристики топливоподачи транспортных дизелей. /Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана: Москва, 1997. – 160 с.
2. Дизельная топливная аппаратура. /Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана: Москва, 1996. – 131 с.
3. Ю.В. Морозов. Метод раціонального вибору і розрахунку конструктивних параметрів паливної апаратури дизелів. / Видавництво Української державної академії водного господарства: Рівне, 1997. – 198 с.

**М.Г. ТЕСЛЕНКО****Прилад для визначення площі плями**

Визначення площі поверхні є важливою задачею в багатьох галузях. Наприклад, при дослідженні якості бітуму одним з найважливіших параметрів є зчеплення. За ДСТУ Б В.2.7-81-98 [5] показник зчеплення визначається як площа скляної (або іншої твердої підложки), що залишилась покритою бітумом після витримування пластини, початково покритою бітумом, у воді протягом фіксованого часу та при завданій температурі. Значною хибою цього методу є складнощі по встановленню площі, вкритою бітумом.

Щоб спростити цю задачу застосуємо обчислювальну техніку. Прилад буде розроблений на базі персонального комп'ютера, камери та програмного пакету LabVIEW.

Установка прилада складається зі штативу з камерою, підставки для зразків та ламп освітлення. Освітленню зразка слід приділити особливу увагу, тому що неправильне освітлення може стати причиною похибки вимірювань.

Програма для визначення площі, яка створена у пакеті LabVIEW, має лицьову панель, на якій присутні такі елементи: зображення з камери, блок управління камерою, блок бінарізації зображення.

Для початку вимірювань необхідно запустити програму, після чого ввікнути камери, натиснувши на кнопку «Запуск камери». Таким чином на екрані буде отримане потокове зображення з камери. Це необхідно для того, щоб налаштувати установку необхідним чином, наприклад, навести різкість на камері, налаштувати освітлення і т.п. Після проведення налаштувань слід отримати зображення зразка. Це можна зробити за допомогою кнопки «Захопити зображення». Необхідно вказати шлях збереження файлу.

Після цього можна перейти безпосередньо до вимірювань. По-перше, зображення необхідно привести до необхідного виду. Зображення у форматі ВМР являє собою матрицю, у якій положення елемента відповідає положенню пікселя, а його значення – яскравості. Для дослідження використовуємо зображення у формі відтінків сірого з глибиною 8 біт. Це означає, що кожен елемент матриці зображення має значення від 0 до 255, при чому 0 надає найбільшу яскравість («білий» піксель), а 255 – найменшу («чорний» піксель). При цьому граничних значень на зображенні звичайно не буває багато.

Сутність методу визначення площі полягає в тому, що зображення плями має значно меншу яскравість ніж оточуюче середовище. Використовуючи це, ми маємо можливість досить чітко розділити їх між собою і підрахувати

кількість пікселів, що утворюють пляму бітуму.

Для чіткого розділення плями і середовища необхідно перетворити зображення з вітніків сірого на бінарне. У бінарному зображенні кожен елемент має лише 2 значення 0 та 1. Для перетворення зображення будемо використовувати блок IMAQ Threshold VI. Цей блок виконує заміну елементів матриці зображення на 0 та 1. Які елементи стануть 0, а які 1 визначається за допомогою кластеру, перше значення якого відповідає нижній границі, а друге – верхній. Для зручності границі задаються на лицевій панелі за допомогою повзунків у блоці «Бінарізація зображення». Слід урахувати, що зразки можуть бути різними, а освітлення змінюватись, тому доцільним є використовувати ручне встановлення параметрів бінарізації. При цьому зображення виводиться на лицевій панелі. Слід визначити границі бінарізації таким чином, щоб пляма та середовище були розділеними повністю, але при цьому зображення плями залишилося цілісним.

Після того, як зображення було бінарізоване, перетворимо його у матрицю для подальшої обробки. Для цього використовуємо блок IMAQ ImageToArray VI. Після бінарізації всі пікселі, які утворюють зображення плями набули значення 1. Тому все, що нам необхідно зробити – визначити їх кількість. За допомогою циклу FOR перевіримо всі елементи матриці зображення. Якщо значення елемента дорівнює 1, то виконується операція інкременту відповідно цілочисельної змінної. Для цього використана Case Structure. Кількість пікселів відображається на лицевій панелі.

Тепер, для визначення реальної площі необхідно встановити ціну пікселя. Для цього на зразку необхідно розмістити об'єкт зі встановленою довжиною. У нашому випадку використовувалася шкала з ціною в 1 см.

Використовуючи елементи NI IMAQ, ми визначаємо кількість пікселів між позначками шкали. Таким чином вставляємо скільки пікселів вміщує 1 см. Наприклад, якщо у 1 см 50 пікселів, то ціна пікселя становить 0.2 мм. Таким чином ми можемо визначити реальну площу плями бітума.

### Список літератури

1. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржгин А.В. Обработка и анализ цифровых изображений
2. Суранов А.Я. LabVIEW 7: Справочник по функциям.
3. NI IMAQ user manual. Part number 370117D-01. – National Instruments, 2004.
4. NI IMAQ Vision concept manual. Part number 322916B-01. – National instruments, 2003.

**Ф.П. ЧЕРПАКОВ, К.В. АВРАМОВ**, докт. техн. наук, профессор

### **Исследование НДС топливных баков ракетоносителей**

Топливные отсеки служат для размещения компонентов топлива и в то же время при несущей схеме составляют большую часть корпуса ракеты-носителя [1]. В связи с этим, с одной стороны, сложнейшие агрегаты, призванные обеспечить надежную работу двигательной установки, а с другой - корпус аппарата, который являясь материальной основой ракеты-носителя, обеспечивает ее функционирование как одного целого, определяет конструктивное исполнение и надежность работы систем.

После изготовления и перед установкой бака на ракетоноситель, его подвергают экспериментальной проверки на прочность. Бак нагружают внутренним давлением, несколько превосходящим эксплуатационное давление в полете ракетоносителя. При таком нагружении баки часто разрушаются. Подчеркнем, что баки весьма дорогостоящие, поэтому разрушение бака весьма дорого обходится конструкторскому бюро, занимающимся проектированием ракет.

Цель работы - исследование напряженно-деформированного состояния топливных баков ракетоносителей под действием равномерно распределенного внутреннего давления. В качестве топливного бака ракеты-носителя принята модель цилиндрической оболочки с ребрами в продольном направлении (стрингерами) и в окружном (шпангоутами) [2]. В работе рассматриваются отдельные случаи обрешетки оболочки: только стрингеры, только шпангоуты и совместная модель стрингеров и шпангоутов.

Анализ результатов расчетов для разных конфигураций бака показали, что использование ребер жесткости разгружает конструкцию. Использование продольных ребер жесткости (стрингеров) применяется для разгрузки конструкции в продольном направлении, а использование ребер жесткости в окружном направлении (шпангоутов) - разгружает радиальные нагрузки бака.

Однако самая эффективная конфигурация - это суперпозиция стрингеров и шпангоутов. При совместном их использовании, конструкция разгружается в обоих направлениях, что позволяет цистерне сдерживать гораздо большие давления, чем при использовании простой оболочки. Однако самая эффективная конфигурация - это суперпозиция стрингеров и шпангоутов. При совместном их использовании, конструкция разгружается в обоих направлениях, что позволяет цистерне сдерживать гораздо большие давления, чем при использовании простой оболочки.

#### **Список литературы:**

1. В.И. Моссаковский, А.Г. Макаренко, П.И. Никитин и др. Прочность ракетных конструкций. Москва: Высшая школа, 1990.
2. И.Я. Амиро, В.А. Заруцкий. Теория ребристых оболочек. Киев: Наукова Думка

**А.И. ШЕВЛЯКОВА, Ю.А. КУЗНЕЦОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Исследование магнитной чувствительности волоконно-оптического гироскопа**

В современных системах управления динамических объектов механические (поплавковые) гироскопические измерители угловой скорости вытесняются приборами, функционирование которых основано на других физических принципах. Широкое распространение в системах управления получают бесплатформенные инерциальные блоки (БИБ), построенные на базе волоконно-оптических гироскопов (ВОГ) [1, 2]. Основными факторами, влияющими на погрешность измерений ВОГ, как известно, являются температура, магнитное поле и радиация [3]. Исследованию влиянию указанных факторов и способам борьбы с ними посвящено достаточно много публикаций [1-4]. Особое место занимает вопрос влияния на погрешность измерений ВОГ внешнего магнитного поля. Магнитная чувствительность ВОГ является следствием проявления эффекта Фарадея, заключающегося в изменении плоскости поляризации света, движущегося в оптоволоконном контуре ВОГ, при действии на прибор внешнего магнитного поля [3].

Целью работы является исследование магнитной чувствительности волоконно-оптического гироскопа в зависимости от его ориентации в магнитном поле Земли.

В работе представлены результаты магнитных испытаний ВОГ типа ОИУС-501. По результатам испытаний ВОГ определена зависимость величины влияния внешнего магнитного поля от ориентации ВОГ в этом поле. Делается вывод о том, что максимальная чувствительность ВОГ имеет место при действии вектора индукции внешнего магнитного поля ортогонально оси чувствительности ВОГ. Даются рекомендации по проведению наземных испытаний отдельного ВОГ с учетом влияния магнитного поля Земли путем выбора соответствующей ориентации прибора и при испытаниях нескольких ВОГ в составе БИБ.

#### **Список литературы:**

1. *Пешехонов, В. Г.* Современное состояние и перспективы развития гироскопических систем / *В. Г. Пешехонов* // Гироскопия и навигация. – № 1 (72). 2011. – С. 3-16.
2. *Златкин, Ю. М.* Технология и результаты испытаний бесплатформенного астроинерциального блока для систем управления космических аппаратов / *Ю. М. Златкин, С. В. Олейник, Ю. А. Кузнецов, В. Б. Успенский, И. А. Багмут* // Сб. трудов XIX Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам. ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – С. 211-214.
3. *Шереметьев, А. Г.* Волоконный оптический гироскоп / *А. Г. Шереметьев*. – М.: Радио и связь, – 1987. – 152 с.
4. *Буравлев, А. С.* Волоконно-оптические гироскопы в условиях постоянного магнитного поля / *А. С. Буравлев, Д. А. Егоров, Л. Г. Лисин* // Гироскопия и навигация. – № 3 (62). 2008. – С. 59-63.

**Т.М. ГРИЦАЙ (ШЕВЧЕНКО), Л.В. ШИПУЛІНА**, канд. техн. наук,  
доцент

### Синтез систем управління щоглової конструкції

Останніми роками спостерігається інтенсивний перехід до систем автоматизованого проектування (САПР) різних систем та агрегатів машини, в тому числі й систем автоматики. Автоматизоване проектування систем автоматики здійснюється за допомогою сучасних методів синтезу – принципу максимуму, методу динамічного програмування, теорії аналітичного конструювання оптимальних регуляторів, методів математичного програмування. Системи автоматики, розроблені за допомогою сучасних методів синтезу, дозволяють ще більше підвищити техніко-економічні показники об'єктів керування [1].

Як відомо, найбільш важливим функціональним вузлом систем автоматичного управління є регулятори, які реалізуються в мікропроцесорній САУ програмним шляхом і є (із-за наявності в системі квантування за часом і рівнем) цифровими регуляторами.

Тому актуальною задачею є розгляд дослідження та визначення відповідного регулятора при заданій моделі об'єкту управління.

Дана робота присвячена синтезу системи управління конструкції у вигляді багатосекційної щогли, зображеної на рисунку 1(а). Основним елементом конструкції є ферма довжиною 60,7 м, підставою прикріплена до космічного човника. На кінці ферми знаходяться виконавчі пристрої, а по всій довжині розташовані необхідні датчики. Передбачена допоміжна система розгортання / складання, яка також служить для захисту конструкції під час запуску і приземлення. Система, що забезпечує переміщення конструкції, в якості виконавчого пристрою містить електродвигун великої потужності, а її структурна схема зображена на рисунку 1(б).

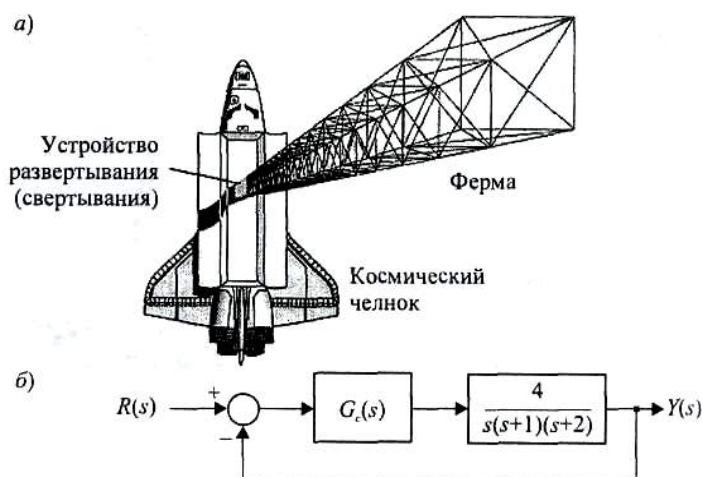


Рис. 1 – Система управління щогловою конструкцією

У роботі необхідно провести синтез регулятора  $G_c(s)$  так, щоб при східчастому вхідному сигналі перерегулювання було не більше 16%, запас по фазі становив  $50^0$ , а час установлення був мінімальним [2].

Розглянуто застосування регуляторів: пропорційного, з випередженням по фазі й ПД-регулятора. Аналіз і синтез проведений за допомогою частотних методів і методу кореневого годографа. На основі цих методів розроблені алгоритми досліджень, які були здійснені за допомогою спеціалізованих пакетів для аналізу систем управління - VisSim і Program CC. У результаті досліджень показано, що всім вимогам задовольняє ПД- регулятор, який забезпечує перерегулювання 13,3%, запас по фазі  $50^0$ , а час установлення 6,64с.

В роботі синтезовано модальний регулятор зі спостерігачем стану, який задовольняє всім заданим умовам: спостерігач починає точно оцінювати змінні стану об'єкту через 1.5 с., перерегулювання немає, час установлення  $T_{\pi} = 5.84с.$ , запас по фазі дорівнює потрібному  $\approx 50^0$ .

Зважаючи на широке використання цифрових регуляторів, у роботі розглянуті параметрично-оптимізуючий, компенсаційний, аперіодичний та дискретний модальний регулятор зі спостерігачем стану і показано, що при виборі підходящого такту квантування деякі із цих регуляторів теж задовольняють всім вимогам, пропонуваним до системи управління щогловою конструкцією.

Таким чином, на підставі проведених у роботі досліджень дається порівняльна характеристика усіх регуляторів та зроблені рекомендації з їхнього використання.

### **Список літератури:**

1. Є.Є. Александров, Е.П. Козлов, Б.І Кузнецов. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами: Підручник у 3-х томах. Т.1. Теорія автоматичного керування/ За заг. рег. Александрова Є.Є. – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – 490с.
2. Р. Дорф, Р. Бишоп. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002, 832 с.
3. В.П. Дьяконов VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004, 384 с.



**А.В. ШИМАН, В.Н. ГРИЩЕНКО**, кан. техн. наук, профессор

### **Алгоритмы минимизации функционала в задачах механики**

В данный момент существует значительное количество механизмов и машин. Количество мировых ресурсов ограничено и при создании новых конструкции или модификации старых стоит задача использования минимального количества ресурсов. В аэрокосмической промышленности часто стоит задача минимизации веса при сохранении несущей способности. Для нахождения оптимальной конфигурации конструкции составляется математическая модель, в которую вводятся варьируемые параметры. Также вводятся конструкционные ограничения и функционал качества.

Основная задача оптимизации — нахождение такой конфигурации параметров конструкции, при которой значение функционала экстремально и при этом удовлетворяет ограничениям. Существует множество алгоритмов нахождения оптимальной конфигурации конструкции используя метод конечных элементов, однако все они затратны — расчет может занять несколько месяцев из-за высокой цены одной итерации, и поэтому на практике оптимизируют только некоторые узлы конструкций, около 5% существующих конструкции отвечают условиям оптимальности.

Создание новых алгоритмов или модернизация старых уменьшит количество итераций для нахождения оптимума функционала, а следовательно является актуальной задачей. Одним из способов решения данной проблемы являются гибридные методы — использование различных алгоритмов на определенных участках. В результате можно получить комбинацию лучших качеств различных алгоритмов.

Целью данной работы является изучение существующих алгоритмов оптимизации без ограничений и с ограничениями, существующих пакетов оптимизации, приложения алгоритмов к реальным функционалам, а также оптимизационный блок ПК ANSYS, анализ полученных результатов.

#### **Список литературы:**

1. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 232 с
2. Максимов Ю. А. Алгоритмы линейного и дискретного программирования. — М.: МИФИ, 1980. 198 с.
3. Гирсанов И. В. Лекции по математической теории экстремальных задач. — М.: МИФИ, 2003. 118 с.
4. Карманов В. Г., Коршунов Ю. М. Математическое программирование — М.: МИФИ, 1998. 253 с.

**Д.С.ЯГУДИН, Э.А. СИМСОН**, докт. техн. наук, проф.

### **Оптимизация геометрии ролика подшипника**

Подшипники роликовые однорядные с короткими цилиндрическими роликами, разборные, предназначены для восприятия значительных радиальных нагрузок. Подшипники чувствительны к монтажным перекосам и упругим деформациям валов. Направление воспринимаемых на подшипники нагрузок - радиальное. Только некоторые типы дополнительно воспринимают краткосрочные небольшие осевые нагрузки. По скорости вращения эти подшипники практически не уступают радиальным однорядным шарикоподшипникам. Подшипники роликовые однорядные с короткими цилиндрическими роликами требуют точной соосности посадочных мест, потому что при отсутствии соосности появляется кромочное давление роликов на дорожки качения, при этом резко снижается срок службы подшипников. Роликоподшипники данного типа могут различаться по конструкции в случае размещения буртов на наружных и внутренних кольцах.

В данной работе рассматривается подшипник роликовый CRU 150x250. Для увеличения ресурса и снижения износа роликов и колец подшипника необходимо получить оптимальную геометрию колец и контактирующего с ними ролика. Для этого необходимо проанализировать эпюры напряжений полученные для ролика с прямолинейной геометрией и в процессе оптимизации постараться добиться такой формы ролика и колец, чтобы эпюра была максимально равно-напряженной. Для этого моделируем часть ролика и кольца в программном комплексе ANSYS, в соответствии с условиями симметрии задачи. Далее выбираем метод оптимизации с помощью которого решается данная задача.

#### **Список литературы:**

1. *Спицын Н. А.* Расчет и выбор подшипников качения. Справочник. М., «Машиностроение», 1974. 56 с. с ил.

### СЕКЦІЯ 3. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ І ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ В МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.9

**С.Ю. АКОПЯН, Л.О. ШИШЕНКО**, канд. техн. наук

#### **Дослідження продуктивності та якості електрохімікомеханічного хонінгування гільз циліндрів**

Техніко-економічні показники технологічного процесу механічного хонінгування можливо підвищити шляхом введення у зону обробки додаткової енергії – електрохімічного розчинення металу, тобто електрохімікомеханічного хонінгування (ЕХМХ). Питанням розробки вказаного процесу надається увага в технічній літературі. Актуальність цієї науково-технічної проблеми зумовлена тим, що вона не вирішена у повному обсязі.

Продуктивність і якість обробки при хонінгуванні отворів є одним із основних показників процесу. В процесі механічного хонінгування при обробці тонкостінних деталей з використанням високого тиску абразивних брусків веде до звищення продуктивності, однак у той же час різько зростає температурна деформація, зношення ріжучого інструменту та похибка форми отвору.

Застосування ЕХМХ дозволяє наряду зі зростанням продуктивності, знижує зношення інструменту, температурну деформацію та похибки обробки.

ЕХМХ представляє собою комбінацію механічного хонінгування з електрохімічним процесом видалення металу. Оброблювана деталь (анод), підключається до полюсу (+), а інструмент (катод) до полюсу (–) генератора постійного струму. Електричний ланцюг замикається при заповненні кільцевої щілини між катодом і анодом електролітом, за рахунок чого виконується анодний розчин.

Виділені при цьому продукти розчину та пасивіруюча плівка зчищаються з анодної поверхні (деталь) хонінговальними брусками і змивається потоком електроліта до фільтруючого пристрою.

Взявши за основу методику рішення завдання по формоутворенню при електрохімічній обробці для плоских електродів, розглянуте аналогічне завдання для електродів циліндричної форми.

При описі формоутворного поля будемо виходити із системи рівнянь Максвелла. Незначність швидкості переміщення рухливої границі (поверхні анода) у порівнянні зі швидкістю поширення самого поля дозволяє вважати поле квазістаціонарним.

В результаті рішення задачі отримана теоретична формула для визначення швидкості електрохімічної обробки циліндричних внутрішніх поверхонь:

$$V_{\text{ЭХ}} = \frac{\eta \cdot \varepsilon^0 \cdot \sigma \cdot U_2}{r_2 (\ln r_2 - \ln r_1)}$$

де  $\varepsilon^0$  – практичний електрохімічний еквівалент;  $r_1$  – радіус катода мм;

$\sigma$  – удельная електропровідність електроліта;  $r_2$  – радіус анода, мм;

$\eta$  – гідродинамічний коефіцієнт виходу по струму.  $U$  – напруга, В.

Для підтвердження теоретичних положень проведена експериментальна перевірка отриманих даних, які близькі до значень інших досліджень.

**М.В. АНДРЕЕВ, О.В. ГРИГОРОВ**, докт. техн. наук, профессор

### **Применение частотно-регулируемого привода в кранах мостового типа**

Мостовые краны на сегодняшний день большей частью отстают от развивающихся современных технологий. Как и раньше, они оснащаются релейно-контакторной системой управления и приводами преимущественно с асинхронным электродвигателем с фазным ротором. Управление выполняется посредством громоздких командоаппаратов. Регулировка скорости электродвигателя осуществляется ступенчато, с мгновенной нагрузкой на вал. Это приводит к ударным нагрузкам, появлению люфтов, преждевременному износу элементов, снижению точности позиционирования. [1]

Современной альтернативой такому управлению является частотно-регулируемый привод. Благодаря частотному преобразователю, можно получать переменный ток требуемой частоты.

Целью работы является обоснование оснащения новых кранов частотно-управляемым асинхронным электроприводом и подтверждение необходимости замены релейно-контактных систем управления приводами на микроконтроллерные, которые взаимодействуют с частотно-управляемыми электродвигателями.

Немаловажным преимуществом частотного привода является способность устранения рассогласованности приводов ходовых колес крана (опережения одного из них). Они приводятся в движение от отдельных частотных преобразователей, которые обеспечивают одно и то же заданное значение частоты. Разница компенсируется за счет подачи на частотный преобразователь одного из приводов дополнительного задания. Такие системы производят ряд компаний, таких как Schneider Electric, Siemens и др. Еще одной особенностью применения данного привода, является способность асинхронных двигателей работать в генераторном режиме. Благодаря встроенным рекуператорам в сеть возвращается часть энергии, выработанной при торможении крана, а также при тормозном спуске груза. [2]

Использование частотно-регулируемого привода обеспечивает для каждого крана оптимальные значения начального напряжения питания, время разгона и торможения. Эти параметры существенно влияют на энергетические показатели движения крана. Как показывают исследования [3], есть ряд особенностей, например, когда время разгона и торможения крана составляет 3 с и начальное напряжение нулевое (рис. 1, а), то потери и затраты энергии приблизительно в 2 раза превышают аналогичные показатели, полученные при продолжительности разгона и торможения крана 6 с и начальном напряжении 30% от (рис. 1, б). Причина заключается в том, что двигатель работает в режиме, близкому к прямому пуску, а следовательно, и потери довольно

значительны. Повышение начального напряжения двигателя приводит к тому, что увеличивается его крутящий момент, и двигатель лучше «отрабатывает» угловую скорость (рис. 1). Заданная скорость движения крана показана на рис. 1 пунктирной линией.

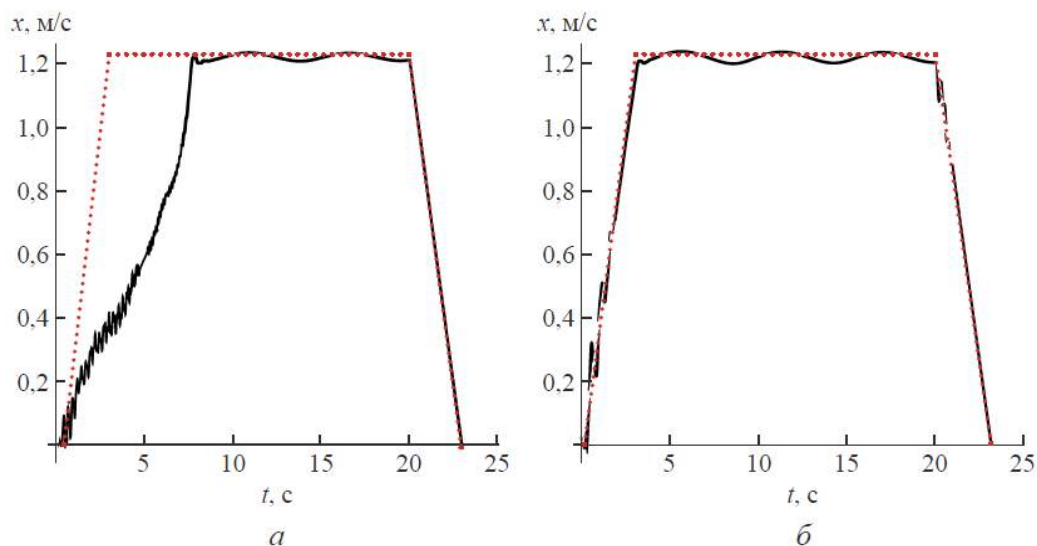


Рис. 1 – Скорость движения моста крана при времени разгона и торможения 3 с и начальным напряжении питания двигателя 0 (а) и 30 % (б) от

Результатом применения частотного привода станет ряд факторов, таких как повышение точности позиционирования, обеспечение плавного пуска с ограничением пускового момента, повышение эргономики рабочего места оператора, а также за счет исключения ударных нагрузок на механизмы и металлоконструкции обеспечит продление срока эксплуатации крана, что даст экономию запасных частей, снизит расходы на ремонт и обслуживание.

### Список литературы:

1. Герасимyak Р.П. Анализ и синтез крановых электромеханических систем / Р.П. Герасимyak, В.А. Лещёв.– СМЛ, 2008. – 192 с.
2. Григоров О.В. Енергозбереження шляхом застосування раціонального керування асинхронних електроприводів ВПМ / О.В. Григоров, В.П. Свіргун, В.В. Стрижак та ін. // Вісник НТУ «ХП»: зб. наук. пр. Темат. вип. «Технології в машинобудуванні». – 2010. – №49. – С. 124–129
3. В.С. Ловеikin, Ю.А. Ромасевич. Анализ динамики механизма передвижения мостового крана с частотным управлением привода. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/hidden/731.html>

**А.А. АРАКЕЛЯН, Г.К. КРЫЖНЫЙ**, канд. техн. наук

### **Фокусирующая трубка сопла для гидроабразивной резки**

Гидроабразивная обработка, стремительно расширяет свое присутствие во многих сферах промышленности, вытесняя традиционные методы. Этому методу, по сравнению, например, с лазерной или электроэрозионной резкой, присущи такие технологические преимущества как меньшее количество отходов и гибкость процесса обработки, узкий пропил по сравнению с использованием лазерных технологий, и т. д. Метод гидроабразивного резания обладает широким спектром практических применений и соответствует интегральной парадигме технической и экономической эффективности. Однако к настоящему времени инженерные разработки и научные исследования в этом направлении недостаточны. Их известный опыт предоставляет широкие возможности для дальнейшего совершенствования метода, техники и технологий его промышленного использования.

Объектом разработки и исследования является сопло (фокусирующая трубка) как элемент технической станочной системы гидроабразивной резки различных материалов, определяющий ресурс ее непрерывного машинного времени. Целью разработки является повышение износостойкости гидроабразивных сопел.

При этом основное внимание должно быть уделено: выбору материала наиболее нагруженной (выпускной) части гидроабразивного сопла, каковой, в случае его сборной конструкции, является фокусирующая трубка; разработке и совершенствованию технологического маршрута; определению режимов ее предварительного (порошковая металлургия) и окончательного (прецизионная механическая обработка) формообразования.

На данный момент решаются задачи порошковой металлургии, а именно: выбор материала для фокусирующей трубки и разработка режимов ее спекания.

Проводились испытания сопла с разработанной фокусирующей трубкой с номинальным внутренним диаметром выпускной части 1 мм. По сравнению с твердосплавным предшественником (ВК3) это сопло позволило в 1,5 раза повысить межсменный период. Длительность межсменного периода определяется допустимыми в производственной практике снижением давления струи на выходе из сопла и повышением размытости рабочего пятна, от размеров которого зависит геометрическое качество резания. На основании результатов опытно-промышленных испытаний предлагается использовать в качестве материала фокусирующей трубки сопла композиционную нанопорошковую керамику на основе диоксида циркония с добавлением карбида вольфрама. Сопла с разработанной фокусирующей трубкой рекомендуется применять в работе с различными материалами на всех типах станков гидроабразивной резки. Экономическая эффективность перехода на сопла с новой разработанной фокусирующей трубкой формируется за счет снижения их технологической себестоимости на 30% и увеличения их ресурса. Кроме того, следует отметить, что с переходом на новые изделия повышается импортонезависимость отечественного производства.

**Р.А.БОГДАНОВ, А.В. ФЕСЕНКО**, канд. техн. наук, проф.

### **Разработка эффективной технологии приготовления СОЖ**

В основе технологического приготовления смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), лежит процесс перемешивания определенных компонентов. При этом перемешивание гетерогенных систем, выполняемое за счет молекулярной диффузии и дополнительного ввода энергии в рабочую среду, позволяет в значительной степени улучшить технологические показатели обработки, повысить стабильность СОЖ увеличить срок эксплуатации.

В общем случае гидродинамическая активация – это энергетическое воздействие на СОЖ с целью изменения её физико-химического состояния и повышение эффективности использования в технологическом процессе механической обработки. В зависимости от используемых устройств и уровня энергетического воздействия это может быть барботация паром, интенсивное перемешивание в пропеллерных мешалках или коллоидных мельницах, гомогенизаторах, обработка в гидродинамических установках с разной энергетической напряженностью [1].

Сложность и многосторонний характер физико-химических процессов, протекающих при активации СОЖ, и специфичность по отношению к различным материалам, участвующим в металлообработке, разнообразность возможных условий применения в большинстве случаев не дают возможности сформулировать универсальные рекомендации по использованию того или иного метода активации.

Однако есть несколько общих критериев, с помощью которых можно оценить изменение состояния самой СОЖ. Так, предварительная гидродинамическая (кавитационная) обработка позволяет повысить гомогенность СОЖ, сделать ее мелкодисперсной, обеспечить высокую стойкость, в том числе и бактериологическую[2].

В результате проведенного исследования были получены расчетные зависимости, показывающие взаимосвязь энергетического воздействия на СОЖ при гидродинамической активации с параметрами, характеризующими технологические свойства СОЖ. Использование такой мелкодисперсной СОЖ с высоким показателем долговечности в реальных условиях их работы позволяет повысить качество механической обработки, особенно на финишных операциях и снизить затраты при ее эксплуатации.

#### **Список литературы:**

1. Федоткин И.М., Гулый И.С. Кавитация, Кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. Ч.1. – К.: Полиграфкнига, 1997. – 149с.
2. Фесенко А.В. Оценка эффективности работы диспергатора для получения СОЖ. Вестник национального технического университета «ХПИ», сборник научных работ. Тематический выпуск: Технологии в машиностроении вып. – Харьков: изд. НТУ «ХПИ», – 2007. – №1. стр. 14- 18;

**Д.С. БОНЧЕВ, В.В. СЕДАЧ**, канд. техн. наук, доцент

### **Разработка расчетных областей элементов гидропневмоавтоматики для моделирования в ППП FlowVision**

Программный комплекс FlowVision предназначен для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики [1].

Процесс расчета течения жидкости включает в себя создание области расчета ("геометрии" устройства) в САПР и импортирование ее в FlowVision. При этом под областью расчета понимается объем, в котором определены уравнения математической модели, и граница объема, на которой определены граничные условия.

Область расчета создается вне программного комплекса FlowVision в системах САПР типа SolidWorks, AutoCAD, T-Flex, ProEngineer и других.

Задачи моделирования движения жидкости подразделяются на задачи внешнего обтекания и внутренних течений. Внешнее воздушное обтекание называется аэродинамикой и сама задача обтекания обычно ставится для безграничной среды. Внутренние течения предполагают ограничение твердыми границами. Моделирование течений внутри элементов гидропневмоавтоматики относятся к задачам расчетов внутренних течений, когда физический объем ограничен и совпадает с границами моделируемого устройства.

Для моделирования в пакете КОМПАС-3D разработаны геометрии следующих базовых элементов и устройств гидропневмоавтоматики: сопло, сопло-заслонка, сопло-сопло, плоский эжектор, объемный эжектор [2,3]. Проведено пилотное моделирование полученных объектов, что позволило определить их достоверность и степень адекватности.

Анализ результатов пилотного моделирования позволяет разрабатывать более совершенные расчетные области для получения более полной информации о рабочих процессах в проточных частях исследуемого оборудования.

#### **Список литературы:**

1. Применение пакетов прикладных программ при изучении курсов механики жидкости и газа: Уч. Пособие / Кондранин Т.В., Ткаченко Б.К., Березникова М.В. и др. — М.: МФТИ, 2005. — 104 С.
2. Дмитриев Д.Н., Градецкий В.Н. Основы пневмоавтоматики. М.: Машиностроение, 1973. - 360 С.
3. Лебедев И.В., Трескунов С.Л., Яковенко В.С. Элементы струйной автоматики. М.: Машиностроение, 1973. - 360 С.



**А.Л. БОРОВИК, В.В. СЕДАЧ**, канд. техн. наук, доцент

### **ППП FlowVision как инструмент для исследования течений в проточных частях элементов гидропневмоавтоматики**

Анализ элементов гидропневмоавтоматики показывает, что, в большинстве случаев, они имеют достаточно простую и технологичную конструкцию. Однако геометрия проточных частей этих устройств настолько сложна, что при расчетах расхода рабочей среды через них степень неадекватности математической модели оценивается коэффициентом расхода, который может иметь значения в диапазоне от 0,2 до 0,8 [1]. Кроме того, в пневмоавтоматике существует класс струйных элементов, для которых сложность течений в проточных частях не позволяет получить их достоверное математическое описание [2].

Программный комплекс FlowVision является проблемно-ориентированным и предназначен для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики [3]. Моделируемые течения включают в себя стационарные и нестационарные, сжимаемые, слабосжимаемые и несжимаемые потоки жидкости и газа. Использование различных моделей турбулентности и адаптивной расчетной сетки позволяет моделировать самые сложные движения жидкости.

ППП FlowVision основан на конечно-объемном методе решения уравнений гидродинамики. и использует прямоугольную адаптивную сетку с локальным измельчением. Для работы с ППП FlowVision необходимо иметь операционную систему Windows и систему автоматизации проектирования, в которой задаётся геометрия расчетной области, например: SolidWorks, AutoCAD Mechanical Desktop, КОМПАС-3D. При этом процесс расчета течения рабочей среды предполагает следующие шаги пользователя: создание области расчета в САПР и импортирование ее в FlowVision; задание математической модели; задание граничных условий; задание исходной расчетной сетки и критериев её адаптации по решению и по граничным условиям; задание параметров методов расчета; проведение расчета; просмотр результатов расчета в графической форме и сохранение данных; оценка точности расчетов методом сходимости по сетке.

#### **Список литературы:**

1. *Дмитриев Д.Н., Градецкий В.Н.* Основы пневмоавтоматики. М.: Машиностроение, 1973. - 360 С.
2. *Лебедев И.В., Трескунов С.Л., Яковенко В.С.* Элементы струйной автоматики. М.: Машиностроение, 1973. - 360 С.
3. Применение пакетов прикладных программ при изучении курсов механики жидкости и газа: Уч. Пособие / *Кондранин Т.В., Ткаченко Б.К., Березникова М.В. и др.* — М.: МФТИ, 2005. — 104 С.

**А.С. БОРИЩ, О.В. ГРИГОРОВ**, докт. техн. наук, професор

**Ризики експлуатації вантажопідйомних машин, що відпрацювали  
нормативний термін служби**

На цей час до 80 % мостових кранів відробили свій нормативний вік роботи. З допомогою методу неруйнівного контролю (НК) можливо визначити реальний стан металу і спрогнозувати ресурс металоконструкції. Неруйнівний контроль - випробування об'єкта контролю з використанням фізичних методів контролю, що не зачіпають властивостей об'єкта й використання його по призначенню. Використовуючи НК, не порушується придатність крана до його подальшої експлуатації, але можна зробити висновок про його технічний стан.

Відповідно ГОСТ 18353-79 існують дев'ять видів НК. При контролі вантажопідйомних машин найбільше часто застосовуються такі види НК: - проникаючими речовинами (капілярний метод НК); акустичний (акустико-емісійний метод НК, ультразвуковий метод НК); вихротоковий (вихретоковий метод НК); радіаційний (радіаційний метод НК); магнітний (магнітопорошковий метод НК, коерцитиметричний метод НК).

Одним з найпростіших методів для виявлення дефектів поверхні у вантажопідйомних машинах є капілярний метод контролю. Метод ґрунтується на капілярному проникненні усередину дефекту індикаторної рідини, що добре змочує матеріал об'єкта контролю з наступною реєстрацією індикаторних слідів. Застосовують для виявлення дефектів (тріщин) із шириною розкриття 1 мкм. Можуть бути виявлені тріщини глибиною приблизно 0,1-0,2 мм.

Акустико-емісійний метод НК ґрунтується на реєстрації й аналізі пружних хвиль, що виникають у твердих тілах, що піддаються пластичній деформації або зламу. За допомогою цього методу можна виявити поверхневі й внутрішні дефекти. Позитив даного методу полягає в тому, що він задовго до можливого руйнування виробу сигналізує операторові контролю про тріщини утоми, що зароджуються; дає можливість детального дослідження особливостей розвитку тріщин при різних умовах навантаження. Акустико-емісійний метод класифікує дефекти не по розмірах, а по ступені їх безпеки під час експлуатації. Акустико-емісійний метод має досить високу чутливість до росту дефектів, у виробничих умовах виявляє збільшення тріщини на 1-10 мкм, що вказує на досить високу чутливість до зростаючих дефектів. Цей метод має властивість інтегральності, тобто можна забезпечити контроль всієї конструкції з використанням одного або декількох перетворювачів, нерухомо встановлених на поверхні об'єкта контролю; не впливає на знаходження дефектів їхнє положення й орієнтація; має менше обмежень, пов'язаних із властивостями й структурою конструкційних матеріалів, у порівнянні з іншими методами НК.

Ультразвуковий метод НК заснований на відбитті ультразвукових пружних коливань від дефектів у досліджуваному об'єкті. По положенню імпульсу

можна судити про глибину розміщення дефекту. Цей метод НК є найпоширенішим. У порівнянні з іншими методами, ультразвуковий контроль має наступні переваги: високу чутливість і продуктивність; одnobічний доступ до виробу; високу продуктивність (у середньому в 3-10 разів вище радіографічного); відносно низьку вартість устаткування (в 4-8 разів нижче від радіографічного способу контролю), безпека; застосовується для вивчення початкової стадії ушкоджень викликанні втомою металу. Ультразвуковий метод НК зварених конструкцій проводять для виявлення: тріщин, непроварів, пор і шлакових включень у зварених швах (імовірність знаходження 70 %, упевнено виявляються розмірами більше 1,5 мм); тріщин і розшарувань в околешовних зонах й основному металі. При цьому контролюються листові й трубчасті елементи конструкцій товщиною 4...60 мм. Ультразвуком можуть бути проконтрольовані: зварені з'єднання (стикові з'єднання, виконані з підкладкою, що залишається (кільцем) або без її; кутові й таврові з'єднання, виконані з повним проплавленням крайок, що зварюють; таврові з'єднання без оброблення кромek і з К-образним обробленням крайок, виконані з конструктивним непроваром; нахльосточні зварені з'єднання) і елементи, виконані з листового прокату.

Вихротоковий метод НК дозволяє виявити як поверхневі, так і підповерхневі дефекти (що залягають на глибині 1...4 мм) металевих конструкцій крана. Цей метод заснований на аналізі взаємодії зовнішнього електромагнітного поля з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводять в об'єкті контролю цим полем. Вихротоковий метод НК застосовують для контролю якості тільки матеріалів, що електропровідні, або непровідних покриттів на електропровідній основі й можуть вироблятися з великою швидкістю. Також достоїнством цього методу НК - можливість контролю без механічного контакту перетворювача з контрольованою деталлю або конструкцією. Вихротоковими методами НК контролю можуть бути виявлені тріщини, надриви, раковини, неметалічні включення й інші порушення спloшності (дефектоскопія).

Радіаційний метод НК заснований на взаємодії проникаючого випромінювання з контрольованим об'єктом. Його суть проста: при проходженні через контрольований виріб іонізуюче випромінювання поглинається й розсіюється, причому ступінь загального ослаблення первісного випромінювання залежить від товщини й щільності матеріалу об'єкта контролю. Наявність у матеріалі внутрішніх дефектів приводить до додаткової зміни інтенсивності випромінювання, що і необхідно зареєструвати. Цей метод служить для виявлення як внутрішніх, так і недоступних для візуального контролю поверхневих дефектів.

**Д.И. БУЛАТОВ, С.С. ДОБРОТВОРСКИЙ**, докт. техн. наук

**Обеспечение точности и качества поверхностей прессформ при высокоскоростном фрезеровании на обрабатывающих центрах**

Современный обрабатывающий центр с ЧПУ может выполнять большинство операций механической обработки, для которых ранее необходима была бы целая группа станков. При этом он обеспечивает высокую скорость обработки, точность и качество получаемой поверхности, что позволяет снизить объемы ручной доводки деталей. Все большее распространение в сфере изготовления пресс-форм и другой оснастки получает высокоскоростная обработка (ВСО). Популярность технологии ВСО объясняется возможностью получения сложных поверхностей с высоким качеством при минимальных временных затратах, что сокращает стоимость обработки. Обработка происходит за несколько проходов с минимальными припусками при высоких оборотах инструмента. Выигрыш во времени — за счёт высоких скоростей перемещения исполнительных механизмов и точного позиционирования на станках с ЧПУ. Кроме того, качество финишной обработки очень высокое, что существенно сокращает полировку или полностью ее исключает.

Проектирование пресс-форм играет очень важную роль в их изготовлении. Поскольку пресс-формы изготавливаются в большинстве случаев для литья деталей, которые имеют сложные геометрические поверхности, то в этом вопросе сыграли столь важную роль кривые и поверхности NURBS. Также они внесли огромный вклад в развитие САПР в целом. Манипуляция контрольными точками и весами NURBS позволяет гибко проектировать большое разнообразие геометрических форм. Расчеты с NURBS выполняются достаточно быстро и являются численно устойчивыми. Кривые и поверхности NURBS имеют ясную геометрическую интерпретацию, которая особенно полезна для дизайнеров, имеющих хорошие знания геометрии. NURBS обладают богатым набором инструментов (вставка/удаление/изменение узла, повышение степени, расщепление), которые могут быть использованы при создании и анализе этих объектов. NURBS являются инвариантом операций масштабирования, вращения, трансляции, обрезания, построения параллельных и перспективных проекций.

Таким образом ВСО поверхностей пресс-форм с использованием NURBS описания и NURBS интерполяции является актуальной задачей.

**Ф.М.ВОЩУК, А.В. ФЕСЕНКО**, проф., канд. техн. наук,

### **Критерии выбора параметров цикла врезного шлифования**

Успешное развитие отечественного машиностроения невозможно без совершенствования операций окончательной обработки, на которых формируются выходные качественные и эксплуатационные характеристики деталей. Наиболее распространенным высокопроизводительным способом получения качественных поверхностей деталей машин является шлифование.

Качество обработки поверхности детали в большинстве случаев характеризуется тремя основными параметрами: точностью размера, формой и шероховатостью. Точность размеров обеспечивается системой активного контроля. Управление процессом по двум другим параметрам в процессе обработки затруднено из-за отсутствия надежных измерительных устройств. Вследствие этого, выполнение требований по точности формы и шероховатости достигается за счет соответствующих структуры цикла и режимов шлифования [1].

Известно, что рабочий цикл процесса круглого наружного врезного шлифования может существенно меняться в зависимости от требований технологического процесса. Основной задачей при определении структуры цикла является обеспечение стабильных показателей по качеству шлифуемой поверхности при максимальной производительности и минимальных затратах времени на техническое обслуживание рассматриваемой операции.

В работе рассматривается математическая модель расчета параметров переходных процессов для способа шлифования с автоматическим регулированием поперечной подачи. При данном способе можно выполнять шлифование с дискретным изменением подачи в функции текущего припуска от реального значения врезной подачи к ее конечному значению, которое завершает цикл обработки. Момент отключения подачи после каждого этапа обработки определяют по величине припуска, который контролируется прибором активного контроля.

Результаты проведенного исследования позволяют построить оптимальный по производительности цикл круглого наружного врезного шлифования, обеспечивающий получение обработанной поверхности требуемого качества с высокой производительностью.

#### **Список литературы:**

1. Ушаков А.Н., Серховец О.И., Фесенко А.В. Математическое моделирование переходных процессов в цикле круглого наружного врезного шлифования // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні- Харків: НТУ"ХШ".- 2007. №1,- 144с, С.26-32.

**А.В. ГЛУШКО, ДОБРОСКОК В.Л.**, докт. техн. наук, профессор.

### **Цветовая визуализация топологических характеристик триангуляционных моделей**

Триангуляция CAD-моделей применяется в целях унификации представления информации о поверхностях моделей для последующей их материализации интегрированными генеративными технологиями.

Триангуляционная модель (triangulation model) – частный случай полигональной модели, когда все грани представлены треугольниками. Основные требования к триангуляционной модели твердотельного объекта – замкнутость и связность.

В триангуляционных моделях одновременно представлены элементы трех топологических порядков: точки (вершины), линии (ребра) и грани (плоские треугольники) [1]. Восприятие характеристик триангуляционных моделей усложняется большим количеством топологических элементов.

Цветовая визуализация – создание условий для зрительного наблюдения с использованием цвета, в общем смысле – метод представления информации в виде оптического цветного изображения. Анализ информационных источников показал, что для решения задач цветовой визуализации достаточно использовать цветовые модели RGB, HSV и их комбинацию.

Для аппаратной реализации цветовых шкал, необходим переход к цветовой модели RGB, которая является базовой для компьютерных устройств и программ цветовой визуализации. RGB-модель основана на сложении трех основных цветов (компонент): красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue). Необходимый цвет достигается посредством складывания трех основных цветов с заданными уровнями интенсивности (аддитивная модель).

Модель HSV описывает цвет единой монохроматической волной – цветовым тоном (оттенком) H с дополнительным заданием насыщенности S и светлоты (значение цвета, яркость) V [2].

Параметры данной цветовой модели следующие:

Цветовая визуализация отдельных элементов триангуляционных моделей может выполняться с использованием дискретного задания цветов (RGB и/или HSV) или цветовой шкалы HSV см. рис. 1. Сопоставление с цветовой шкалой или набором цветов позволяют наглядно представить исследуемые характеристики множества топологических элементов модели. Правильно подобранная цветовая шкала повышает восприятие исследуемого признака.

Для расширения возможностей конструирования цветовых шкал была разработана полигармоническая цветовая модель HSVP.

Особенностями данной цветовой шкалы являются:

представление компонент R/G/B гармоническими непрерывными функциями косинуса; возможность независимого изменения параметров H/S/V; возможность изменения начальной и конечной границ цветового тона.

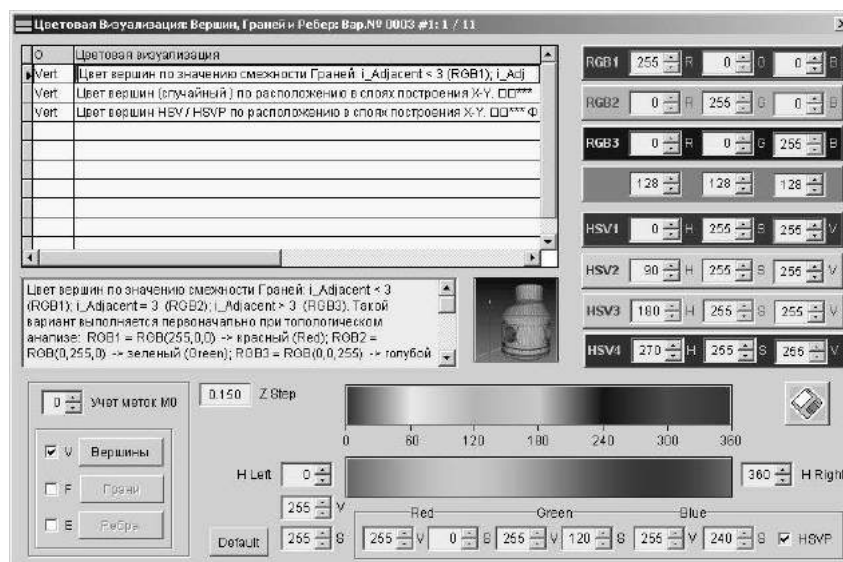


Рис. 1 – Экранная форма подсистемы цветовой визуализации

Рассмотрим пример цветовой визуализации триангуляционных моделей. Цветовая визуализация граней (шкалой HSV) см. рис. 2 относительно осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , где ориентация граней определяется по направляющим косинусам нормали.



Рис. 2 – Визуализация граней триангуляционной модели по значению косинуса нормали

В ходе проведенных исследований выяснилось, что цветовая визуализация объектов позволяет более наглядно представить их исследуемые характеристики, за счёт которых можно получить расширенную визуальную информацию об исследуемой модели. Проведена визуализация по ряду признаков, что позволило выявить объективные характеристики форм триангуляционных моделей.

#### Список литературы:

1. Доброскок В.Л., Фадеев В.А. Гаращенко Я.Н., Чернышов С.И. Морфологический анализ триангуляционных моделей промышленных изделий // Резание и инструмент в технологических системах. - Харьков: НТУ «ХПИ». - 2011. - Вып. 79. - С. 52-63.
2. Божко А.Н. Компьютерная графика: Учеб. пособие [для вузов] / Божко А.Н., Жук Д.М., Маничев В.Б. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 418 с.

**А.В. ГЛУШКО, В.В. ДМИТРИК**, докт. техн. наук, профессор.

### **К улучшению качественных характеристик структуры сварных соединений паропроводов**

Повышение эксплуатационных характеристик сварных соединений из Cr–Mo–V теплоустойчивых перлитных сталей элементов паропроводных систем тепловых электрических станций является актуальной задачей для энергетики.

Ресурс эксплуатации сварных соединений паропроводов составляет 0,6–0,8 ресурса их основного металла, что в значительной степени определяется их структурной, химической и механической неоднородностью, а также наличием дефектности.

Увеличение ресурса эксплуатации энергоблоков, ориентированных на маневренный режим работы, представляется возможным при использовании в их составе сварных соединений, характеризующихся меньшей степенью повреждаемости. Целесообразно улучшить качественные характеристики исходной структуры сварных соединений, а также снизить уровень их химической и механической неоднородности, что позволяет уменьшить интенсивность повреждаемости сварных соединений и увеличить их ресурс до 300000 - 350000 ч.

Как основные в тепловой энергетике используются стали 15X1M1Ф, 12ХМ, 12Х1МФ, 15ХМ. Из сталей марок 15X1M1Ф и 12Х1МФ изготавливают сварные соединения паропроводов свежего пара энергоблоков 100-300 МВт работающих при температуре 545 °С и давлении 3,25 – 10 МПа. Из стали 12Х1МФ также изготавливают сварные соединения паропроводов горячего промежуточного прогрева блоков 150-200 МВт работающих при температуре 545 °С и давлении 3,25-3,9 МПа. Из сталей 15ХМ и 12ХМ изготавливают сварные соединения паропроводов с поперечными связями, работающие при температурах 310-510 °С и давлении 10 МПа. В стадии освоения в тепловой энергетике находятся теплоустойчивые мартенситно-ферритные стали 10Х9МФБ и 12Х11В2МФ как, более жаропрочные, чем 12Х1МФ и 15Х1М1Ф.

Теплоустойчивые перлитные стали, используемые для проводов ТЭС сваривают ручной дуговой сваркой (РДС), реже механизированной сваркой под слоем флюса и в смеси защитных газов  $CO_2 + Ar$ . Процесс сварки выполняют на средних режимах. Обеспечивают достаточное проплавление кромок основного металла и металла предыдущих валиков. Режимы сварки толстостенных и тонкостенных соединений паропроводов заметно отличаются.

При сварке трубопроводов диаметром  $> 100$  мм и толщине стенки  $> 10$  мм основными положениями технологии являются [1]:

- это сварка стыков с подогревом до температуры 300 – 350 °С;
- одновременная сварка одного стыка паропровода двумя сварщиками;
- использование обратно – ступенчатого способа сварки;



- строгое выполнение процесса сварки на заданных параметрах режима (сварочный ток, напряжение дуги, длина дуги и др.).

Корневые швы рекомендуется выполнять аргонодуговой сваркой. Стенки трубных заготовок собираются и свариваются на цилиндрических подкладных кольцах, изготовленных из аналогичной теплоустойчивой стали. Выполнение корневого шва стыка, расположенного на подкладном кольце, осуществляется электродами диаметром 3–4 мм на токе, соответственно, 90-130 А. Аргонодуговая сварка корневого шва без подкладного кольца производится вольфрамовым электродом диаметром 25–30 мм без присадки на постоянном токе прямой полярности.

Штатная технология изготовления сварных соединений паропроводов из Cr–Mo–V теплоустойчивых перлитных сталей обеспечивает получение их качественной исходной структуры, а также соответствующих механических свойств, отвечающих эксплуатационным требованиям при наработке соединений до 200000–250000 ч [5]. Однако при увеличении их срока эксплуатации в условиях ползучести и малоциклового усталости (маневренные режимы работы) > 250000 ч металл сварных соединений в значительной степени деградирует, что обеспечивается проходящими в металле физико-химическими процессами и последующими структурными изменениями [9]. Целесообразно выявить зависимость повреждаемости металла сварных соединений от структурных изменений и дефектов для снижения ее интенсивности. Эффект структурных изменений следует затормозить, что представляется возможным при получении исходной структуры сварных соединений с улучшенными качественными характеристиками для их получения необходимо усовершенствовать сварочную технологию изготовления сварных соединений.

Длительная прочность сварных соединений паропроводов (наработка около 250000 ч) в маневренных режимах работы снижается на 25–30 % по сравнению с длительной прочностью аналогичных соединений, эксплуатируемых в стационарных режимах [1]. При наработке сварных соединений примерно 30000 ч в маневренных режимах их длительная прочность дополнительно снижается на 15-20 %.

В ходе проведенных исследований выяснилось, что выявление браковочных структур, расположенных в локальных объемах металла сварных соединений неразрушающими методами контроля весьма трудоемкая и не всегда выполнимая операция. Однако предупреждение их формирования позволяет увеличить ресурс эксплуатации сварных соединений паропроводов на 15–20 %.

### **Список литературы:**

1. Хромченко Ф.А. Ресурс сварных соединений паропроводов. – М.: Машиностроение, 2002.
2. Куманин В.И., Ковалева Л.А., Алексеев С.В. Долговечность металла в условиях ползучести. – М.: Металлургия. 1988.
3. Дмитрик В.В., Сыренко Т.А. К механизму диффузии хрома и молибдена в металле сварных соединений паропроводов.// Автоматическая сварка. -2012. - №10. – С.22-27.

**М.В. ГОНЧАРОВ, И.И. УСТИНОВ, С.С. ДОБРОТВОРСКИЙ**, докт. техн. наук

### **Перспектива использования высокоскоростной обработки для корпусов турбогенераторов**

Высокоскоростная обработка (ВСО) – современный комплексный подход к обработке резанием позволяющей сократить время производства и повысить точность обработки деталей. Также это - реальная стратегия для повышения производительности. Применение этой стратегии напрямую затрагивает время цикла и затраты на производство. Конечным результатом является достижение высокого качества деталей, и, что ещё более важно, обеспечивается увеличение производительности [1].

Целью работы является определение перспектив использования ВСО для корпусных деталей турбогенераторов, рассмотрение вопросов продуктивности и качества обработки деталей этого типа.

Анализ научных исследований в области ВСО за рубежом показывает, что этому направлению сегодня уделяется огромное внимание. Объектом изучения являются обрабатываемость различных металлов, распределение тепловых потоков и температур, напряжений и деформаций в изделиях с целью установления основных физических закономерностей процесса ВСО. С другой стороны уделяется внимание взаимосвязи жесткости и колебаний технологической системы СПИД, использованию и развитию САМ систем и быстрдействию систем числового программного управления для повышения точности и качества обрабатываемой детали. Следует отметить, что все большее и большее влияние приобретает направление «виртуальной инженерии» связанной с моделированием и визуализацией процессов обработки.

Характерной особенностью производства турбогенераторов является обработка крупногабаритных деталей, предполагающих наличие сварных швов на поверхностях обработки, возможное применение различных металлов в одной детали, что влечет за собой нарушение стабильности процесса резания, которая так же зависит от жесткости технологической системы и выбранных режимов обработки. Наиболее предпочтительным вариантом для исследования процессов происходящих в технологической системе является применение пакетов компьютерных программ для анализа механических воздействий (CAE систем). Одной из таких систем является система Deform, в основном применяемая для анализа процессов механической обработки и позволяет смоделировать силовые и термофизические параметры обработки, необходимые для оценки работоспособности всей системы.

#### **Список литературы:**

1. *J. Paulo Machining of hard materials/ J. Paulo Davim // Springer.106 DOI 10.1007/978-1-84996-450-0.*

**Д.И. ГРИЦЕНКО, В.Л. ДОБРОСКОК**, докт. техн. наук, профессор

### **Повышение эффективности использования установки селективного лазерного спекания**

Современное машиностроение характеризуется высокими требованиями к техническому уровню и качеству выпускаемых изделий в совокупности с необходимостью гибкости ресурсосберегающего производства. Интегрированные технологии послойного выращивания (Rapid Prototyping) в последние десятилетия получили мощное развитие в технически развитых странах. Такие технологии позволяют создавать промышленные изделия на базе компьютерной 3D модели без применения технологической оснастки и инструмента.

Основным их достоинством является существенное сокращение времени полного цикла изготовления изделий в зависимости от степени их сложности на 30÷70%, а иногда и в несколько раз [1].

Идеология ускоренного формообразования изделия (модели, прототипа) базируется на: компьютерном автоматизированном 3D-CAD проектировании изделия (по чертежу, аналитическим зависимостям, фотографиям и результатам измерений), компьютерной визуализации, компьютерной оптимизации его конструкции исходя из требований дизайна, формы, функциональных свойств; трансформации 3D модели в совокупности двумерных послойных моделей; возможности воспроизвести эту совокупность послойных моделей (рис. 1), т. е. материализовать эту модель как единое целое, как физическое твердотельное изделие или его прототип (CAM) [2].

Поэтому повышение эффективности использования интегрированных технологий послойного выращивания изделий на базе морфологического анализа их 3D образа на этапе подготовки к материализации представляет актуальную научную и практическую задачу.

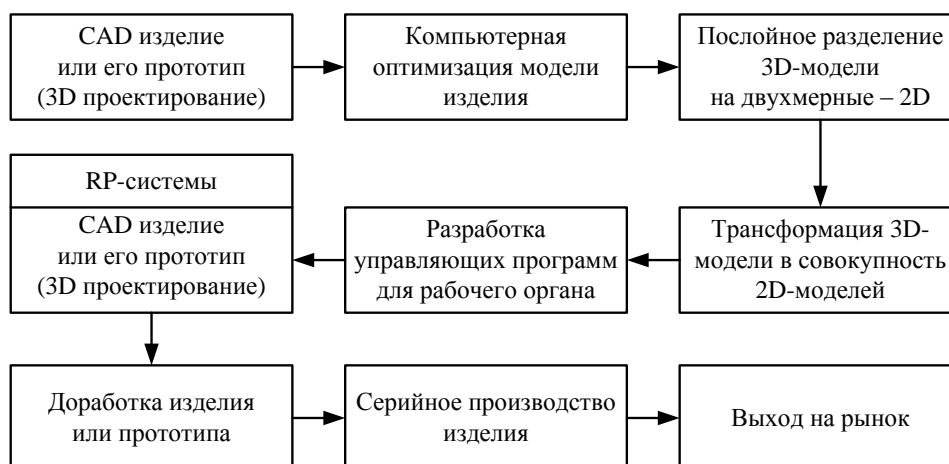


Рис. 1 – Структура интегрированного рабочего процесса ускоренного формообразования – Rapid Prototyping

Разработано специальное программное обеспечение на уровне готового программного продукта для морфологического анализа триангуляционных моделей промышленных изделий, которое позволяет выполнять верификацию твердотельных моделей и производить оценку сложности поверхностей промышленных изделий (экранная форма представлена на рис. 2).

Верификация твердотельных моделей основана на топологическом и морфометрическом анализах триангуляционных 3D моделей промышленных изделий. Верификация базируется на анализе разработанных дифференциальных и интегральных характеристик.

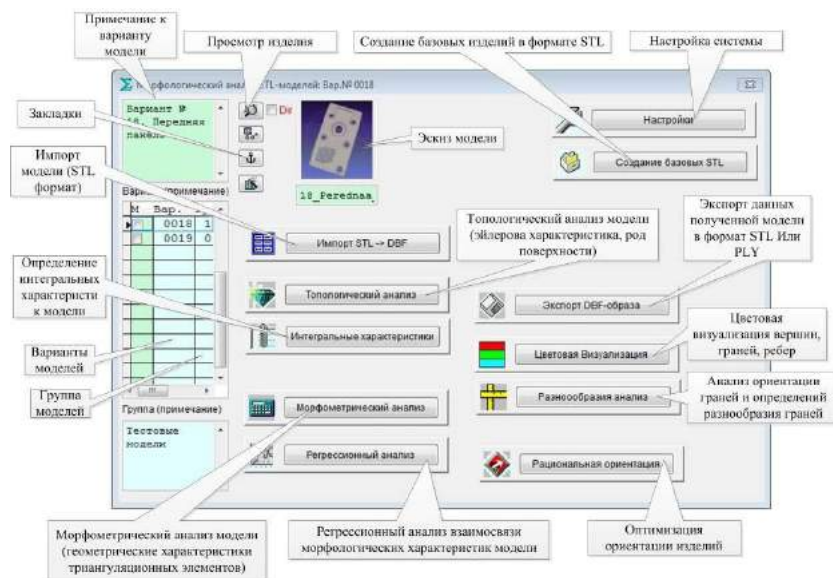


Рис. 2 – Главная форма системы морфологического анализа триангуляционных моделей [3]

В результате теоретических, модельных и экспериментальных исследований разработана методология морфологического анализа 3D образов изделий (на базе применения морфометрического и топологического анализов). Которая обеспечивает повышение эффективности использования интегрированных технологий послойного выращивания, за счет принятия научно-обоснованных решений на этапе предшествующем материализации и сокращения времени их изготовления.

Предложены системы обобщенных нормализованных критериев и интегральных характеристик, позволяющих выполнить оценку качества триангуляционных моделей промышленных изделий.

#### Список литературы:

1. Интегрированные генеративные технологии : учеб. пособие [для студ. высш. учеб. заведений] / [Грабченко А.И., Внуков Ю.Н., Доброскок В.Л. и др.] ; под ред. А.И. Грабченко. - Х.: НТУ «ХПИ», 2011. - 416 с.
2. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении: Учебн. пособие. - СПб.: СПбГУ, 2013. - 221 с.
3. Доброскок В.Л., Фадеев В.А. Гарашенко Я.Н., Чернышов С.И. Морфологический анализ триангуляционных моделей промышленных изделий // Резание и инструмент в технологических системах. - Харьков: НТУ «ХПИ». - 2011. - Вып. 79. - С. 52-63.

**О.С. ЕФИМЕНКО, В.А. ФЕДОРОВИЧ**, проф., докт. техн. наук

### **Пути повышения эффективности алмазно-абразивной обработки**

Современные методы шлифования позволяют обрабатывать материалы, традиционно плохо поддающиеся обработке, и при этом получать заметно лучшее качество обработанной поверхности [1]. Однако сильный нагрев в зоне шлифования при быстром резании высокопрочных сплавов, низкая производительность, сильный износ оборудования и необходимость в охлаждении с помощью специальных охлаждающих эмульсий до сих пор являются проблемами, заметно затрудняющими данный процесс, приводя к увеличению себестоимости и усложнению процесса обработки.

Целью работы является повышение эффективности алмазно-абразивной обработки за счет наложения высокочастотных вибраций на шлифовальный круг, подбора оптимальных параметров шлифования, определения оптимальных свойств алмазных кругов.

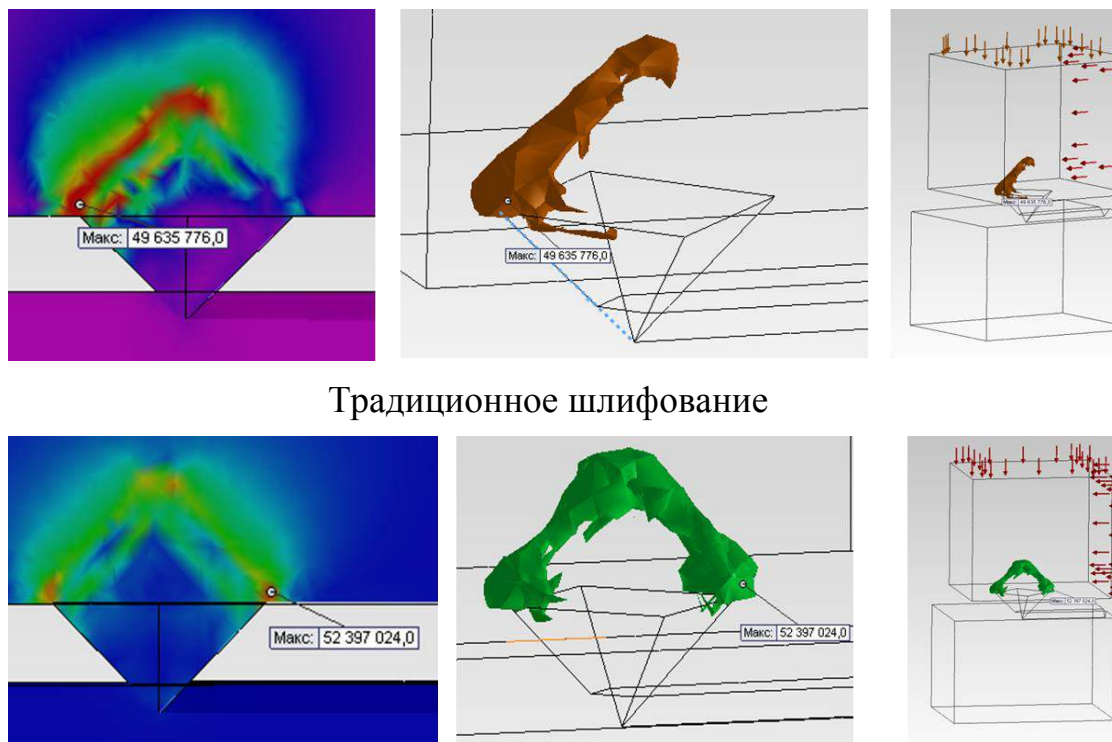
Ультразвуковое резание является технологией, которая позволила совершить значительный прорыв в области обработки металлов [2]. Установлено, что общей закономерностью воздействия ультразвуковых колебаний на различные процессы абразивной обработки является то, что съем металла носит незатухающий характер и продолжается весь цикл обработки и со временем практически не меняется, к тому же инструмент не теряет своих режущих свойств, постоянно работает в режиме самозатачивания интенсифицируется процесс разрушения и диспергирования режущих зерен, что способствует их активному обновлению и удалению из связки, а также практически отсутствует засаливание рабочей поверхности брусков.

Основное назначение ультразвуковых колебаний в зоне шлифования – способствовать процессу повышению производительности (снятию большего количества материала) алмазных зерен, т. е. минимизировать процесс образования площадок износа.

Проведение теоретического изучения 3D НДС системы «ОМ – зерно – связка» позволило исследовать влияние высокочастотных вибрационных колебаний на 3D НДС зоны шлифования при различных силовых нагрузках, а также рассчитать эквивалентные напряжения в исследуемой системе при варьировании параметров вибрационных колебаний и упругопластичных свойств связки и обрабатываемого материала, с целью моделирования режима, обеспечивающего высокую производительность. Расчеты 3D НДС зоны шлифования свидетельствует о существенном влиянии высокочастотных вибрационных колебаний на объем разрушенного материала. Эквивалентные напряжения в зоне шлифования возрастают в 1.5 – 2 раза.

Проведенные исследования показали, что при наложении ультразвуковых колебаний нагрузки, возникающие в контакте «зерно-связка», незначительно превышают максимальные значения напряжений без присутствия колебаний. Было

замечено следующее, в случае наложение ультразвуковых колебаний напряжения равномерно распределяются вдоль всего зерна, что улучшает его удержание в связке. При моделировании шлифования без вибрационных колебаний, максимальная нагрузка концентрируется на определенной грани алмазного зерна (рис. 1).



Традиционное шлифование

Высокочастотное вибрационное шлифование,  $f = 50$  кГц

Рис. 1 – Воздействие ультразвука на НДС в контакте «зерно - связка»

Исследовано влияние частоты колебаний вибрационного шлифования на производительность обработки. Установлено, что с повышением частоты колебания у инструментов с низким модулем упругости связки производительность падает. У инструментов с более высокой упругостью производительность повышается. Этот эффект можно объяснить тем, что распространяющиеся в любой среде упругие волны испытывают поглощение. При этом энергия звуковых волн переходит в тепловую энергию.

Предложенная методология позволяет расчетным путем определить рациональные сочетания физико-механических свойств связки и обрабатываемого материала, а также режимы высокочастотного вибрационного шлифования, при которых будет реализован процесс, обеспечивающий высокую производительность и максимальный коэффициент использования потенциально высоких режущих свойств алмазных зерен.

#### Список литературы:

1. Грановский Г., Грановский В. Резание металлов. М.: Высш. шк., 1985 – 304 с.
2. Разинкин А.В. Термомеханические процессы при ультразвуковом резании металлов: Автореф. дисс. канд. тех. наук: 10.11.08 / Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН. – М., 2008. – 19 с.

**С.С. ЖОРНИК, Г.А. КРУТІКОВ**, докт. техн. наук, професор

### **Розрахунок перехідного процесу в гідроприводі з гальмуванням у кінці ходу на основі нелінійної моделі**

При роботі гідроприводу має суттєве значення безударна робота приводу в кінці ходу, що є актуальним в роботі сучасних гідравлічних приводів. Цю задачу можна вирішити за допомогою гальмівного клапану встановленого в кінці ходу.

Розрахунок перехідного процесу гідроприводі лінійних переміщень столу круглошліфувального верстата виконуються на основі двох моделей. Перша модель не враховувала стисливість рідини і перемінний характер об'ємів порожнини циліндра. В другій обидва ці фактори враховувалися. Перевагою спрощеної моделі являється те, що перехідний процес може бути поданий у вигляді аналітичного виразу. У другому випадку необхідно використовувати чисельне інтегрування методом Рунге-Куты.

Для дослідження динамічних характеристик такого приводу нами була розроблена розрахункова схема, складена математична модель, яка містить такі рівняння:

1) Рівняння збереження кількості рідини, яке записується у формі рівняння динамічного балансу витрат;

2) Рівняння динамічного балансу сил на рухомих елементах приводу.

Далі ми проінтегрували систему рівнянь за допомогою метода Рунге-Куты четвертого порядку точності і зіставили програму розрахунку на ЕОМ гідроприводу з дросельним керуванням.

В першій моделі ми отримали аналітичні вирази швидкості (1), переміщення (2) і побудували графік процесу дросельного гальмування без урахування стисливості рідини, див. рис. 1.

$$v = v_{0r} \cdot \frac{\sigma \cdot e^{t/T_r + 1}}{\sigma \cdot e^{t/T_r - 1}}; \quad (1)$$

$$x_r = 2 \cdot T_r \cdot v_{0r} \cdot \ln \left\{ \frac{ch \left[ \left( \frac{t}{2 \cdot T_r} \right) + \left( \frac{T_r \cdot \ln \sigma}{2 \cdot T_r} \right) \right]}{ch \left( \frac{\ln \sigma}{2} \right)} \right\}. \quad (2)$$

де  $T_r$  – постійна часу гальмування, с;

$$\sigma = \frac{v_{0r} + v_{кин}}{v_{кин} - v_{0r}};$$

В другій моделі ми отримали систему рівнянь (3) і графіки перехідного процесу гідроприводу з урахування стисливості рідини, див. рис. 2.

$$\begin{cases} \frac{dp_1}{dt} = \frac{E}{W_{01} + y \cdot F} \cdot \left[ \frac{f_{TP(1)}}{\sqrt{\lambda \cdot \frac{l_1}{d_1} + \sum_{i=1}^n \xi_i}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot (p_H - p_1) - F \cdot v \right]; \\ \frac{dp_2}{dt} = \frac{E}{W_{02} + (L-y) \cdot F} \cdot \left[ F \cdot v - \frac{f_{TP(2)}}{\sqrt{\lambda \cdot \frac{l_2}{d_2} + \sum_{j=1}^n \xi_j}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot p_2 \right]; \\ \frac{dy}{dt} = v; \\ \frac{dv}{dt} = \frac{1}{m} \cdot (p_1 \cdot F - p_2 \cdot F - f \cdot v - P). \end{cases} \quad (3)$$

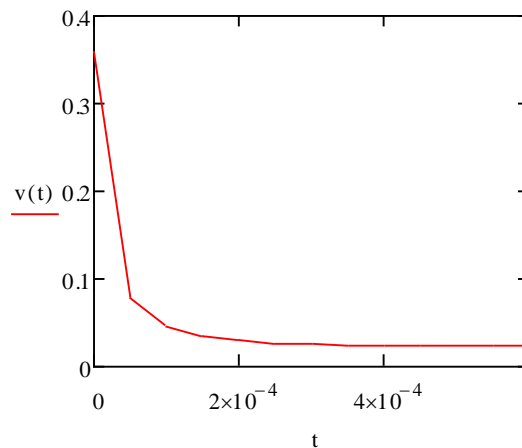


Рис. 1 – Процес дросельного гальмування без урахування стисливості рідини



Рис. 2 – Графіки перехідного процесу гідроприводу з урахуванням стисливості рідини

В ході проведених досліджень було виявлена велика різниця перехідних процесів на ділянці гальмування поршня гальмівним клапаном в наслідок впливу стисливості рідини. При розрахунку мінімально необхідного гальмівного шляху доцільно використовувати другу модель розрахунку перехідного процесу (3).



**В.В.ЗАТИРКА, А.В. ФЕСЕНКО**, проф., канд. техн. наук,

### **Переработка изношенных шин в резиновую крошку**

Важной проблемой является разработка технологий переработки изношенных шин. Замена складирования, захоронения и сжигания технологий утилизации имеет важное экономическое значение, так как способствует сохранению природных запасов ценного сырья, стимулирует развитие ресурсосберегающих, дешевых технологий, а также улучшает экологическую обстановку и исключает утрату больших земельных площадей под свалки резиновых отходов.

Переработка изношенных шин в резиновый гранулят (крошку) в Украине и странах СНГ пока не развита настолько, как в других странах. Однако в последние годы есть стабильная тенденция к развитию данного вида шиноперерабатывающей деятельности.

Известно несколько технологий переработки или утилизации изношенных покрышек. Они делятся на 2 основных группы: механический метод утилизации автошин и пиролиз. Механический метод переработки покрышек подразумевает переработку шин в резиновые частицы различной размерности: крошку, чипсы, фрагменты, гранулы. Метод переработки шин Пиролиз имеет несколько подвидов. Основной продукт переработки – это аналог топочного мазута.

Шины производства стран СНГ отличаются от зарубежных покрышек. Этот нюанс вносит значительные коррективы в переработку основных объемов шин, скапливающихся на территории СНГ. «Наши» шины имеют радиальную конструкцию, где помимо армирующей каркас проволоки присутствует высокое содержание синтетического корда. В зарубежных странах основные объемы скапливающихся изношенных покрышек имеют цельнометаллический тип корда (ЦМК).

Способы механической переработки шин :

- Механический способ при нормальных температурах. Этот способ самый распространенный в мире. Данный способ популярен благодаря тому, что резина защищена от термических окислений, нет эффекта частичной девулканизации (размягчения и приобретения пластичного состояния); сравнительно невысокое энергопотребление, что в первую очередь сказывается на себестоимости. Под нормальными температурами подразумевается измельчение с применением водяных и воздушных систем охлаждения при температурах, немного превышающих температуру окружающей среды.

- Механический способ при повышенных температурах. Измельчение резины при температурах выше 100 градусов С. Способ имеет свои преимущества и недостатки. Недостатком является скомканная частично девулканизированная крошка, имеющая ограниченное применение. Частицы имеют неоднородную рваную форму. Очистить такую крошку от примесей

сложнее, чем в измельчении шин при обычных температурах. Такое производство может сопровождаться выделением стойкого запаха и задымленностью. Достоинством является тот факт, что из такой резиновой крошки можно делать неотчетственные резиновые изделия методом горячего формования без использования связующего. Также, такая крошка хорошо подходит для производства резинобитумных смесей.

- Механический способ при пониженных температурах. Принцип этого метода - предварительное охлаждение перерабатываемого материала с целью вхождения в порог хрупкости. Резина в «замороженном» состоянии легче перерабатывается. Однако себестоимость резиновой крошки при данном методе достаточно высокая из-за применения дорогостоящего холодильного оборудования и материалов. Оборудование стоит достаточно дорого.

- Механический способ измельчения шин с применением метода «озонового ножа». Данная технология - это комбинированный метод переработки шин в крошку. Озон способствует ускоренному разрушению резины (ее старению). Резина частично разрушается, после чего доизмельчается механическим оборудованием. Главным недостатком является то, что резиновая крошка на выходе имеет очень плохое качество из-за «ускоренного старения». Продукция из такой крошки имеет худшие характеристики и менее долговечна.

Анализ состояния вопроса показывает:

1. Оборудование для внутреннего рынка Европы, США, КНР, Японии и других стран не подходит для решения задач утилизации шин в Украине.

2. Наиболее приемлемым для Украины следует считать механический способ измельчения автошин при нормальных температурах. Это самый экологичный и эффективный способ утилизации шин в ценное сырье.

3. Для переработки шин со смешанным типом корда необходим многоступенчатый процесс поэтапного разрушения покрышки с эффективной системой отделения текстиля и запутанной проволоки от частиц резины. Также, необходима поэтапная многоуровневая система сепарации резиновой крошки от распушенного текстильного волокна и твердой армирующей проволоки. Все это подразумевает большое количество узлов, транспортеров и агрегатов с электрическим приводом, которыми эффективно может управлять только АСУ (автоматизированная система управления). Автоматика исключает аварийные ситуации и минимизирует влияние человеческого фактора.

Проведенный анализ позволил выполнить проект участка по переработке шин для получения резиновой крошки требуемого качества.

#### **Список литературы:**

1. Клищенко В.П., Пославский А.П., Сорокин В.В. Методы комплексной утилизации отработанных изделий транспортных средств из резины и резиносодержащих отходов // Прогрессивные технологии в транспортных системах. 2011. № 1. С. 135-141.

2. Переработка автошин, утилизация резины.  
[http://www.tekhno.net/tools/tools\\_sub.asp?sid=12&idnum\\_tools=2](http://www.tekhno.net/tools/tools_sub.asp?sid=12&idnum_tools=2)

**К.М.ЗОЗУЛЯ, А.В. ФЕСЕНКО**, канд. техн. наук, проф.

### **Особенности обработки резины лезвийным инструментом**

Утилизация и переработка шин в современном мире, где число автомобилей неуклонно растёт, приобретает большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Это связано, прежде всего, с тем, что изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды [1].

В настоящее время разработаны различные виды оборудования для измельчения резиновых покрышек, которые различаются по характеру и скорости разрушения, конструкции рабочих органов и т.п. Для этих целей применяют абразивные ленты и круги, гильотины, борторезки, дисковые ножи, прессы, валцы, роторные дробилки и другое оборудование. Традиционно применяемое у нас в стране оборудование для дробления резиновых отходов - валцы. За рубежом чаще применяют дисковые и роторные измельчители.

В ряде исследований делается вывод, что разрушение резин резанием происходит за счет развития трещин, возникающих от растягивающих напряжений и движущихся со скоростью инструмента. Если же подача (или глубина резания) сравнима или меньше радиуса скругления кромки резца, то характер разрушения резко меняется. Резец вдавливается в поверхность резины и начинает проскальзывать по ней. Если сила трения невелика, то такое проскальзывание ведет к нагреву поверхности резины, ее осмолению и появлению клейкости. Если сила трения между металлической поверхностью и резиной превышает предел прочности резины, то на поверхности резины в зоне растяжения возникают трещины, перпендикулярные к направлению действия растягивающего усилия. Рост трещин может приводить к немедленному отделению частиц резины от ее поверхностного слоя [2]. Выполнен анализ различных схем резания автомобильных шин с помощью клина, конического диска и дисковыми фрезами. Получены расчетные формулы для определения усилий резания и затрат энергии на эти процессы. Спроектирована специальная фреза с набором сменных режущих вставок. Проведены исследования, направленные на разработку оборудования и оптимизацию режимов интенсивного фрезерования с высокой производительностью. По результатам исследования спроектирован станок для фрезерования поверхности шин из разных марок резины.

#### **Список литературы:**

1. Клищенко В.П., Пославский А.П., Сорокин В.В. Методы комплексной утилизации отработанных изделий транспортных средств из резины и резиносодержащих отходов// Прогрессивные технологии в транспортных системах. 2011. № 1. С. 135-141.
2. Клищенко В.П., Проскурин А.Д. Механическое разрушение поверхности резин резцом// Научная жизнь. 2010. №1. С.20-28.

***С.В. КАЛІНІН, О.В. ГРИГОРОВ,*** докт. техн. наук, професор,  
***Н.О. ПЕТРЕНКО,*** канд. техн. наук, професор

### **Нанотехнології в підйомно-транспортному машинобудуванні**

Нанотехнологія – міждисциплінарна область фундаментальної і прикладної науки і техніки, що має справу з сукупністю теоретичного обґрунтування, практичних методів дослідження, аналізу і синтезу, а також методів виробництва і застосування продуктів із заданою атомарною структурою шляхом контрольованого маніпулювання окремими атомами і молекулами.

Відправним пунктом нових високих технологій є нові матеріали, механо-фізико-хімічні ефекти і процеси. Орієнтація виробництва на нові технології різного рівня характеризується тенденціями використання специфічних і функціональних властивостей нових матеріалів, підвищенням продуктивності процесів в граничних областях технологій, технічним інтелектом устаткування і здатністю пристроїв до перетворення.

Із зменшенням розміру частинок в ультрадисперсних середовищах за сприятливих умов значно поліпшуються їх механічні властивості: підвищується твердість, міцність і пластичність, збільшується межа текучості, знижується поріг холодноломкості. Якщо розміри наночасток менше критичних довжин, які характеризують багато фізичних явищ, вони можуть володіти унікальними властивостями, не властивими об'ємним тілам з таких же речовин.

Розвиток нанотехнологій обіцяє масове розповсюдження нових конструкційних матеріалів з унікальними властивостями і характеристиками. Виявилось, що управляти експлуатаційними властивостями конструкційних матеріалів можна не тільки введенням легуючих компонентів, але і за допомогою деформації будь-якого характеру. При такій дії відбувається дроблення неметалічних включень. Традиційний відпал, отпуск є ні що інше, як нанотехнології в металургії. В результаті подібних дій вдається отримати сталі, у яких висока міцність поєднується з пластичністю, тобто саме ті властивості, які не вистачає в машинобудуванні. А нанотехнології дозволяють успішно отримувати такі матеріали. Наноструктурування стали міцнішими за звичайні в десятки рази.

З наноматеріалів створені нанороботи розміром зіставні з молекулою і такі, що володіють функціями руху, обробки і передачі інформації, виконання програм. Нанороботи, здібні до створення своїх копій, тобто самовідтворюванню, називаються реплікаторами.

У перспективі створені надміцні матеріали на основі нанотехнологій застосовуватимуться в підйомно-транспортному машинобудуванні для конструкцій кранів, що несуть: мостів, стріл і башт.

Застосування нанотехнології дифузного поверхневого легування при виготовленні швидкозношуваних деталей, таких як ходові колеса кранів

мостового типу, допоможе підвищити їх твердість, корозійну стійкість, зносостійкість і довговічність, що є вельми актуальним, оскільки виготовлення ходових коліс достатнє дорогостойко, а служать вони іноді при неправильному їх виготовленні всього декілька місяців.

Створені нанокаталізатори (перетворювачі шкідливих газових викидів) знайдуть застосування в автомобільних кранах для очищення вихлопних газів.

Великі перспективи з використанням нанотехнологій відкриваються для канатів, так нитка діаметром 1 мм, що складається з нанотрубок, могла б витримати вантаж в 20 т, що в сотні мільярдів разів більше її власної маси (нанотрубки – молекули у вигляді трубки з діаметром біля нм і довжини в декілька десятків мкм з великим числом атомів).

К.Е. Циолковський ще в 1895 р. запропонував створити космічний ліфт на основі сталевого троса. Але при протяжності 50 км. не витримує жодна навіть найміцніша сталь. У 2003 р. в Санта – Фе на 2-ій Щорічній Конференції з підйомних пристроїв в космосі експерти серйозно обговорили деталі проекту ліфта для виведення вантажів на околотериторію орбіту на основі надміцного троса з циліндрових молекул вуглецю, створеного із застосуванням нанотехнологій. NASA планує побудувати «космічний ліфт» на основі троса, що складається з багат шарових нанотрубок завдовжки до 1 метра. Космічний ліфт- це трос завдовжки в декілька десятків тисяч кілометрів, що сполучає орбітальну космічну станцію з платформою, розміщеною на Землі. Запуск космічного ліфта намічений на 12 квітня 2018 р.

Європейські учені в 2008 р. сконструювали «монорельсову дорогу» з однієї нанотрубки, що перевозить шматочок металу на відстань близько 800 нанометрів. Нагрів вуглецевих нанотрубок електрострумом примушує човник переміщатися з однієї «станції» до іншої. Учені обіцяють швидкості до 100 м/с, хоча поки за одну секунду вдається пройти лише один мікрон. «Монорельсові системи» використовуватимуться в наноробототехніці і молекулярному виробництві.

З використанням нанотехнології проводяться високоефективні антифрикційні і протизнос покриття, які можуть застосовуватися і в підйомно-транспортному машинобудуванні. Так російський концерн «Наноіндустрія» налагодив серійне виробництво ремонтно-відновного складу «Нанотехнологія» (РВС). Склад призначений для обробки механічних деталей, що випробовують тертя, – двигуни, трансмісія. Використання РВС дозволяє збільшувати ресурс роботи вузлів і деталей в 2-3 рази за рахунок заміни планових ремонтів попереджувальною обробкою, знижує вібрації і шум, на 70-80% знижує токсичність вихлопу автомобіля без застосування яких-небудь інших заходів.

Розроблені титан-фуллереновые покриття володіють важливими механічними, корозійними властивостями, поєднуючи в одному матеріалі трудносовместимые властивості (наприклад, високу міцність і високу пластичність). Поєднання названих властивостей дозволяє зробити висновок про перспективність застосування титан-фуллереновых покриттів також і в краностроєнні.

**Е.В. КОВАЛЕВА, В.Л. ДОБРОСКОК**, докт. техн. наук, профессор

### **Повышение качества обработанной поверхности при шлифовании путем направленного снижения уровня вибрации**

Шлифование является одним из основных методов чистовой обработки материалов, главной задачей которого является обеспечение заданного качества поверхностного слоя и точности детали [1].

Одним из путей повышения качества обрабатываемой детали является снижение уровня вынужденных колебаний в динамической системе станка, вызванных имеющимися в станке или вне его источниками вибрации [2]. Одним из основных источников вынужденных колебаний является неуравновешенность масс вращающихся элементов системы шлифования, в частности, дисбаланс шлифовального круга. Развивающиеся колебания приводят к изменению силы и температуры резания, что в свою очередь приводит к снижению точности.

Для устранения вибраций и ударных нагрузок могут применяться прерывистые круги. Применение таких инструментов может позволить существенно снизить тепловую и динамическую напряженность процесса. Применение многослойных и сборных кругов расширяет технологические возможности инструмента, позволяет совместить процессы предварительного и окончательного шлифования, повысить производительность обработки и износостойкость кругов, снизить шероховатость обработанной поверхности [3].

Эффективность процесса шлифования существенно зависит от сохранения кругом требуемого продольного профиля рельефа рабочей поверхности. Самопроизвольное возникновение волн на рабочей поверхности круга приводит к резкому ухудшению выходных показателей процесса шлифования. С появлением значительной волнистости повышаются вибрации системы шлифования, происходит ускоренный износ круга и ухудшается качество обработки. При дальнейшем шлифовании волнистость увеличивается, достигая значений, определяемых амплитудно-частотной характеристикой системы шлифования [3]. Формирование на рабочей поверхности продольного профиля заданных характеристик позволяет снизить вибрации в процессе шлифования.

Для выявления путей регулирования вибраций при шлифовании с целью повышения качества обработки был проведен анализ динамического состояния системы шлифования. Определены условия обеспечения неразрывности контакта рабочей поверхности шлифовального круга с обрабатываемой деталью как фактора управления стабильностью процесса шлифования. Рассмотрена математическая модель формообразования продольного профиля рельефа рабочей поверхности шлифовального круга. Определены управляющие параметры продольного профиля и проведена оценка возможности их регулирования.

Устройство для управления шагом волнистости продольного профиля рельефа рабочей поверхности алмазных кругов электрохимическим методом (рис. 1) содержит катод 1, на рабочей поверхности которого размещены электропроводные участки 2, которые с помощью блока коммутации могут соединяться параллельно или в параллельные группы. Управление шагом волнистости достигается путем изменения шага между электропроводными участками на рабочей поверхности катода и частотой подаваемых импульсов.

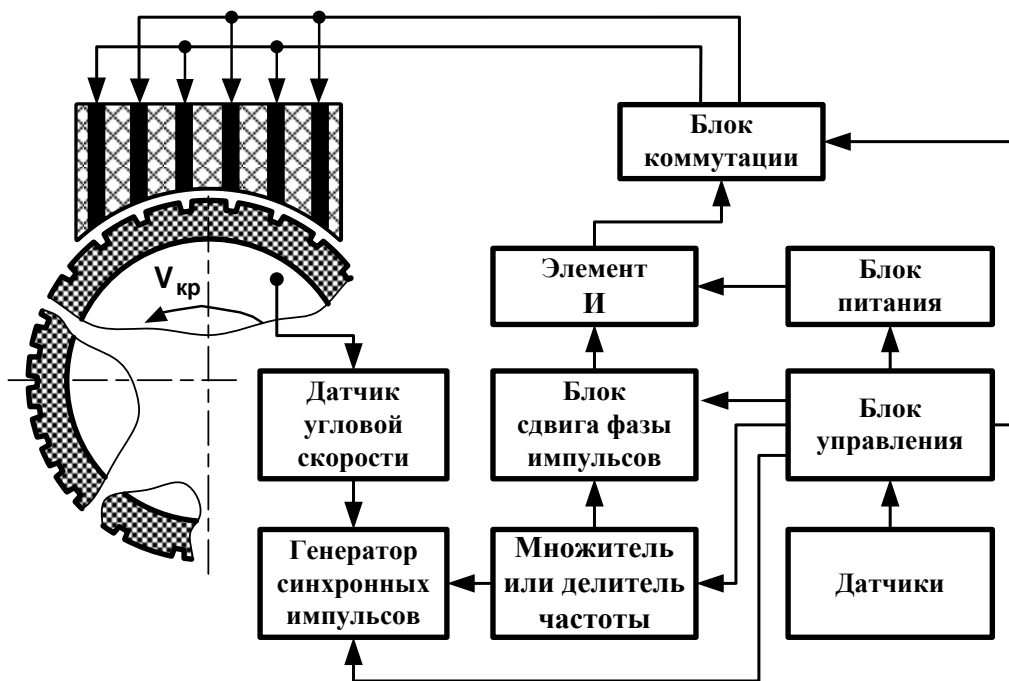


Рис. 1 – Блок-схема устройства управления продольным профилем рельефа рабочей поверхности: 1 - катод; 2 - электропроводные участки; 3 - алмазный круг.

На основании анализа информационных источников установлено, что одним из наиболее перспективных путей гашения вибраций при шлифовании является управление рельефом рабочей поверхности кругов. Управление рельефом должно обеспечивать возможность регулирования параметров, определяющих рабочую поверхность круга (продольный профиль, режущий рельеф).

### Список литературы:

1. Байкалов А.К. Введение в теорию шлифования материалов. – К.: Наукова думка, 1978. – 207 с.
2. Кедров С.С. Колебания металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.
3. Основы теории резания материалов: учебник [для высш. учебн. заведений] / Мазур Н.П., Внуков Ю.Н., Грабченко А.И., Доброскок В.Л., Залога В.А., Новоселов Ю.К., Якубов Ф.Я. ; под общ. ред. Н.П. Мазура и А.И. Грабченко. - 2-е изд., перераб. и дополн. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2013. – 534 с.

**В.М. КОВТУН, Ю.А. СИЗЫЙ**, докт. техн. наук

### **Разработка математической модели параметрических колебаний при круглом наружном врезном прерывистом шлифовании и её анализ**

Как известно прерывистое шлифование применяется для уменьшения нагрева шлифуемой поверхности за счет периодического прерывания её контакта с кругом. Для этого на периферии круга формы ПП выполняются пазы.

При таком шлифовании важнейшим параметром динамической системы (ДС) – “жесткость” процесса шлифования периодически меняется, что ведет к возбуждению параметрических колебаний.

В данной работе разработана математическая модель ДС круглого наружного врезного шлифования (ДСКНВШ), которая представляет собой систему пяти уравнений:

$$\left. \begin{aligned} X_3 &= X_1 + X_2; \\ h_3 - X_3 &= h_f; \\ P_y &= C(t) \cdot h_f(t); \\ m_1 \cdot \ddot{X}_1 + b_1 \cdot \dot{X}_1 + C_1 \cdot X_1 &= P_y; \\ m_2 \cdot \ddot{X}_2 + b_2 \cdot \dot{X}_2 + C_2 \cdot X_2 &= P_y. \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где  $X_1, X_2$  – обобщенные координаты перемещения заготовки шлифовального круга в радиальном к заготовке направлении в противоположной стороне.

$X_3$  – размах колебания глубины шлифования;

$h_3, h_f$  – заданная и фактическая глубина шлифования;

$P_y$  – радиальная (нормальная) составляющая силы резания;

$C(t)$  – “жесткость” процесса шлифования как функции времени;

$m_1, m_2$  – массы заготовки и круга;

$b_1, b_2$  – коэффициенты демпфирования в связях заготовки со станиной и круга с шлифовальной бабкой;

$C_1, C_2$  – жесткость связки заготовки со станиной и круга с шлифовальной бабкой.

Разработанная модель (1) реализована в пакете “VisSim” применительно к круглошлифовальному станку 3М151.

Функция изменения “жесткости” процесса шлифования  $C(t)$  моделируется гармоническим или ступенчатым сигналом в зависимости от продолжительности переходной фазы от полного контакта круга с заготовкой к его отсутствию.

Установлено, что различие функции  $C(t)$  не вносит существенного различия в размах колебаний глубины шлифований  $X_2, X_3$  (в пределах 16%).



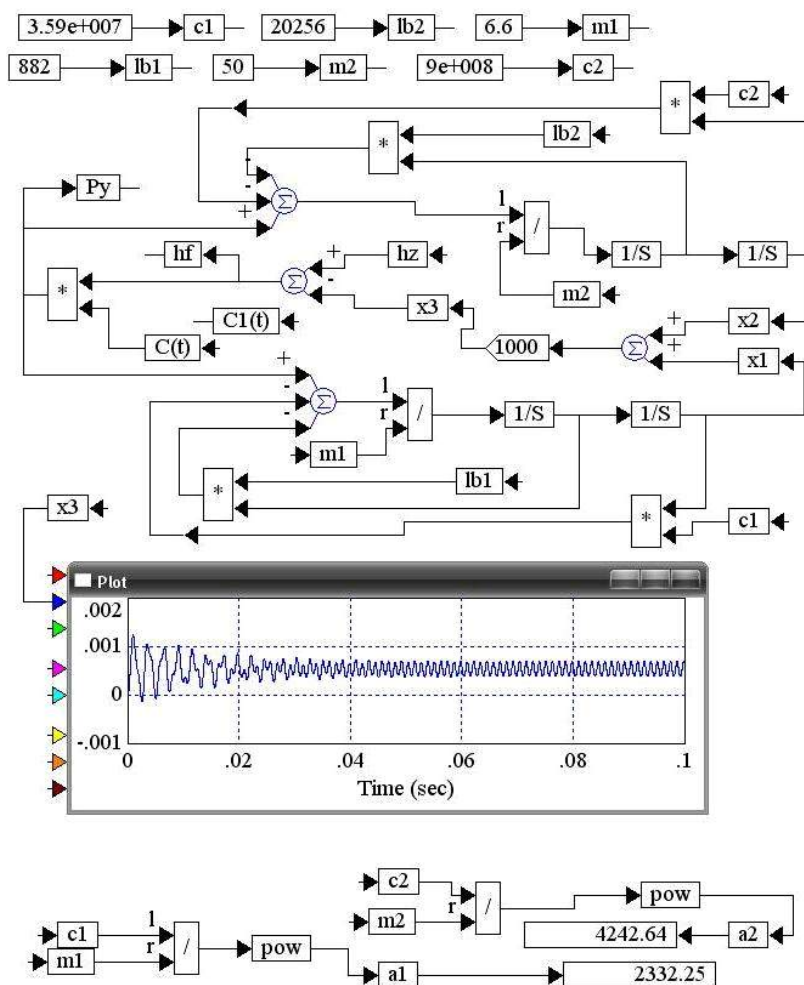


Рис. 1 – Исходные параметры станка 3М151 и блок-схема моделирования колебаний глубины шлифования  $X_3$

На рис.1 приведена распечатка  $X_3$  для следующих условий прерывистого шлифования: скорость шлифования 50 м/с, диаметр круга 750 мм, число пазов на круге 20, скорость вращения заготовки 45 м/мин, размер паза на круге 22 мм, выступа – 36 мм. Станок 3М151:  $m_1 = 6,6$  кг,  $m_2 = 50$  кг,  $C_1 = 3,59 \cdot 10^7$  Н/м,  $C_2 = 9 \cdot 10^8$  Н/м,  $b_1 = 882$  Н·с/м,  $b_2 = 20256$  Н·с/м

Из анализа  $X_3$  видно, что колебания глубины шлифования находится в диапазоне значений шероховатости  $R_a = (0.12 \div 0.16)$  мкм, то есть в диапазоне девятого класса и при этом шаг неровностей составляет примерно  $0.8 \div 0.9$  мкм. Таким образом, шаг неровностей примерно равен базовой длине шероховатости для 9 класса. Следовательно, колебания глубины шлифования находятся в диапазоне значений шероховатости соответствующей тонкому шлифованию. Таким образом, прерывистое шлифование не ухудшает геометрические параметры прошлифованной поверхности в сравнении со сплошным шлифованием.

**Ю.Е. КОНДРАТЬЄВ, О.В. ГРИГОРОВ**, докт. техн. наук, професор

### **Шляхи зменшення споживання енергії застосуванням пневмогідроаккумуляторів**

Сучасні умови життя спонукають нас до постійного вдосконалення наших знань і навиків. Виключеннями не стали і технології виробництва з автоматизацією виробничих процесів. З часом механічні шестерні стали дуже громіздкими, а ланцюги – ваговитими; сили тертя маховиків і валів стали недопустимо великі. Було потрібне створення приводу, здатного виконувати всі покладені на нього навантаження, будучи в теж час компактним і простим в монтажі і експлуатації. Такою системою передачі енергії став гідропривід.

Одним з основних вузлів гідроприводу сучасних машин є пневмогідроаккумуляторі. Їх використовують як основні, додаткові і аварійні джерела енергії, забезпечуючі надійність і довговічність роботи гідроприводу, зниження необхідної потужності насосного вузла, рекуперацію потужності в машинах циклічної дії, зменшення розмірів і вартості елементів гідросистеми, підвищення ККД і ін. Також їх використовують для демпфування коливань тиску і компенсації пікових витрат робочій рідині, для гідравлічного розвантаження насосів, компенсації витоків при витримці під тиском, в енергозбережних системах рекуперативного типу і тому подібне. Проблемам поглибленого вивчення робочих процесів, розробкою уточнених методик розрахунку і проектування, вдосконаленню виробництва і серійним випуском всієї номенклатури гідроаккумуляторів, що зажадалася, і займаються вже більше 40 років фахівці і учені німецької компанії HYDAC

Всі роботи, що проводяться по пневмогідроаккумуляторам (надалі – ПГА), можна об'єднати в два основні напрями. Роботи першого напрямку присвячені підвищенню енергетичної ефективності ПГА за рахунок детального вивчення і вдосконалення його робочого процесу, максимального використання конструктивних параметрів, розробки газових накопичувачів енергії нових типів і глибшого використання їх фізичних властивостей. Мета другого напрямку – вдосконалення конструкції ПГА і його елементів, підвищення надійності, поліпшення технологічних і експлуатаційних якостей, зниження матеріаломісткості ПГА.

Освоєння, дослідження, виготовлення і обслуговування пневмогідроаккумуляторів дозволив створити сучасні вироби, що представляють невід'ємний вузол в будь-якому гідравлічному приводі машини, агрегату, устаткування, без якого деколи неможливо собі навіть представити безпечну експлуатацію цього устаткування. Від надійності і довговічності пневмогідроаккумуляторів безпосередньо залежить життя людей, що працюють на найскладніших сучасних виробництвах.

Установка гідроаккумулятора при використанні об'ємного гідроприводу в системах із ДВС дозволяє скоротити витрати палива на 38...50%.

**Р.А. КОРКИШКО, И.И. УСТИНОВ, С.С. ДОБРОТВОРСКИЙ**, докт. техн. наук

### **Повышение эффективности обработки колец турбогенератора с использованием метода высокоскоростной обработки**

Высокоскоростная обработка (ВСО) резанием является прогрессивной и быстро развивающейся технологией обработки металлов. В последнее время, эта технология стала активно внедряться в практику, благодаря развитию теории резания. Сокращение длительности полного производственного цикла от идеи нового продукта до готовой детали является одним из центральных моментов сохранения и повышения конкурентоспособности предприятий во многих отраслях промышленности. В этой связи высокоскоростная обработка ВСО привлекает к себе всё больше внимания и стоит в центре многих дискуссий. Здесь есть много открытых и спорных вопросов. Однако неоспорим тот факт, что ВСО завоёвывает всё новые и новые области применения.

Датой рождения ВСО является 27-го апреля 1931. В этот день немецкий изобретатель Саломон С. получил патент № 523594 «Способ обработки металлов резанием» [1]. Саломону удалось обнаружить, что при достижении определённой скорости резания происходит существенное снижение температур в зоне резания. Он также показал, что для конкретного материала существует определённая скорость резания, при достижении которой дальнейшая обработка резанием невозможна. На сегодняшний день скорость резания при применении ВСО в 5-10 раз превышает скорость резания при нормальной обработке.

К сожалению, проведённые до сегодняшнего дня многочисленные исследования не привели к однозначному научному подтверждению теории Саломона. Снижение температуры в зоне резания различно для различных материалов. Температура снижается незначительно для стали и чугуна и очень существенно для алюминия и других не содержащих железо металлов. Определение должно базироваться на других факторах.

Целью работы является повышение эффективности обработки колец турбогенератора с использованием метода высокоскоростной обработки. В ходе исследования будет выяснено, позволит ли ВСО повысить технологичность производства, что должно повысить качество и снизить стоимость за счет упрощения технологического процесса и сокращения времени обработки.

Правильно применяемая высокоскоростная обработка поставляет решение проблемы качества. Она полностью исключает необходимость ручной доработки. Это особенно важно для производства сложных 3D-деталей с многофункциональными поверхностями и компонентами. Так, например, турбинные лопатки новой конструкции с новыми оптимизированными функциями могут быть изготовлены только с применением ВСО.

Благодаря тому, что от 75-95% образующейся тепловой энергии во время обработки остается в стружке, ВСО может осуществляться без смазочно-охлаждающей жидкости. Повышение скорости резания, помимо положительных качеств, несет в себе недостаток, вследствие ухудшения условия работы режущей кромки резца. Количество образовавшегося тепла при ВСО на режущей кромке превышает количество тепла при обычных скоростях резания. Это вызвано тем, что резец получает теплоту из большего количества частиц стружки, за тоже время, чем при обычной скорости. Из-за неблагоприятных факторов резания, к ма-териалу резцов предъявляются особые условия: высокая теплостойкость инстру-мента, износостойкость, виброустойчивость, прочность и т.д. [2]. Отвечают этим требованиям материалы, такие как: современные твердые сплавы, РСД (син-тетические сверхтвердые материалы на основе поликристаллических алма-зов), PCBN (кубический нитрид бора), минералокерамика на основе  $Al_2O_3$  и т.п. [3].

Применение ВСО позволяет не только сократить собственно время обработки, но и свести к минимуму время вспомогательных операций. В ряде случаев производства штампов и прессовых форм представляется возможной комплектная обработка детали с одного станова.

Успешному внедрению высокоскоростной обработки предшествовало развитие всех составляющих процесса обработки - инструмента, инструментальных материалов и покрытий, инструментальных оправок, быстродействующих систем ЧПУ, программного обеспечения для подготовки управляющих программ CAD/CAM, наконец, станков.[4]

Основными проблемами при изготовлении колец турбогенератора являются большие размеры деталей а также то, что они выполнены из различных материалов – как обычных сталей, так и вязких электотехнических. В настоящее время ВСО последних является изученной недостаточно. Поэтому в работе проведена разработка и сравнение различных типов технологических процессов изготовления колец турбогенератора, что позволило повысить технологичность производства деталей, тем самым повысить качество готовых изделий, снизить их стоимость, за счет упрощения технологического процесса и сокращения времени обработки.

#### **Список литературы:**

1. Deutsche Patenschrift Nr. 523594: „Verfahren zur Bearbeitung von Metallen oder bei einer Bearbeitung durch schneidende Werkzeuge sich ähnlich verhaltende Werkstoffe“.
2. Д. В. Кожевников. Режущий инструмент/ Кожевников Д.В., Гречишников В.Л., Кирсанов С.В., Кокарев В.И., Схиртладзе А.Г. –М.: Машиностроение, 2005. – 528 с.
3. В.Г. Солоненко, Резание металлов и режущие инструменты / Солоненко В.Г., Рыжкин А.А. - Инфра-М, 2011. – 416 с. ISBN: 978-5-16-004719- 5.
4. Артем Аведьян. Высокоскоростная обработка, инструмент – повышение эффективности производства. Журнал «САПР и графика», 9/2007.

**М.А. ЛАПТИЙ, В.Л. ДОБРОСКОК**, докт. техн. наук, профессор

**Повышение возможностей установки SLS Vanguard Si2  
по изготовлению модельной оснастки**

Интегрированные технологии послойного выращивания (Rapid Prototyping) позволяют создавать промышленные изделия на базе компьютерной 3D модели без применения технологической оснастки и инструмента. Основным их достоинством является значительное сокращение времени полного цикла изготовления изделий в зависимости от степени их сложности [1].

Эффективность использования интегрированных технологий послойного выращивания изделий напрямую зависит от рационального выбора метода материализации и возможности предварительной оценки продолжительности полного цикла изготовления изделия. Причем эта оценка должна выполняться на этапе принятия решения об использовании той или иной технологии.

С увеличением уровня компьютеризации интегрированных технологий растет их уровень инкапсуляции (неизвестности для пользователя используемых внутренних свойств и методов). Это в свою очередь ведет к повышению уровня неопределенности при прогнозировании продолжительности полного цикла изготовления изделий.

Поэтому повышение эффективности использования интегрированных технологий послойного выращивания изделий путем прогнозирования времени их изготовления на базе статистического моделирования представляет актуальную научную и практическую задачу.

Рассмотрен вопрос повышения эффективности SLS-установки Vanguard Si2 при изготовлении модельной оснастки на основе композиционных материалов из гранулированных металлических порошков с использованием статистического прогнозирования полного цикла создания изделий.

Предложено расчет временных цепей производить методом статистического прогнозирования (многократных испытаний) [2]. Данный метод объединяет в себе возможности как полной, так и неполной взаимозаменяемости с оценкой доверительной вероятности нахождения значений замыкающего звена в заданном интервале или риска выхода за его границы.

Сущность статистического прогнозирования заключается в том, что требуемая область значений замыкающего звена достигается с некоторым риском выхода за допустимые границы. Однако этот риск позволяет расширить области допустимых значений составляющих звеньев в сравнении с их значениями, установленными методом интервальных оценок.

Система статистического моделирования рабочих процессов интегрированных технологий предназначена для исследования статистических механизмов формирования их выходных характеристик (времени полного цикла создания изделий, технологического времени формообразования и

структурных составляющих процесса) с учетом уровня неопределенности исходных параметров (составляющие полного цикла создания изделий, характеристики их 3D геометрии, параметры лазерного луча и формообразования) [3].

Данная система разработана в объектно-ориентированной среде создания приложений Visual FoxPro. Главная форма системы представлена на рис. 1. На экранной форме предлагаются список номеров моделей (расчетов) с возможностью их группирования и сохранения вариантов расчета, редактирования процедуры формирования выходных характеристик, выполнения расчета и просмотра результатов статистического анализа исходных параметров и выходных характеристик.

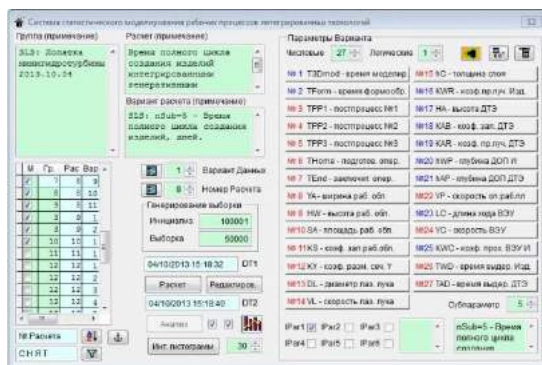


Рис. 1 – Главная экранная форма системы статистического моделирования рабочих процессов



Рис. 2 – Экранная форма с результатами прогнозирования общего времени формообразования на установке SLS

Рассмотрим пример статистического прогнозирования общего времени формообразования пресс-формы для изготовления турбинных лопаток на установке SLS. Результаты расчета представлены на рис. 2. Общее время формообразования изделия для заданных условий расчета находится в исходном интервале значений  $3,011 \div 107,9$  час. и имеет среднеарифметическое значение 4,63 час. Установка нового доверительного интервала показывает, что интервал исследуемого признака можно уменьшить до 4% от исходного –  $3,011 \div 7,208$  час. При этом риски того, что полный цикл создания изделия выйдет за границы заданного интервала, соответствуют 4,5%.

### Список литературы:

1. Интегрированные генеративные технологии: учеб. пособие [для студ. выс. учеб. заведений] / А.И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В.Л. Доброскок [и др.] ; под ред. А.И. Грабченко. - Харьков: НТУ "ХПИ", 2011. - 416 с.
2. Грабченко А.И., Доброскок В.Л., Чернышов С.И. Прогнозирование времени полного цикла изготовления изделий методом селективного лазерного спекания // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 17-18 травня 2007 р. - Харків: Курсор, 2007. - С. 4-21.
3. Грабченко А.И., Доброскок В.Л., Чернышов С.И. Система моделирования рабочих процессов интегрированных технологий // Сучасні технології у машинобудуванні: Збірник наукових статей / Укладач А.І. Грабченко; За заг. ред. А.І. Грабченка. - Харків: НТУ "ХПИ", 2007. - С. 236-268.

**Я.Д. ЛЯШКО, В.А. ФЕДОРОВИЧ**, докт. техн. наук, профессор

### **Моделирование процесса изготовления алмазно-абразивных инструментов**

Процесс изготовления алмазных кругов на различных связках характеризуется высокой трудоемкостью и низкой производительностью, большим расходом дорогостоящих алмазных зерен и, как следствие, высокой себестоимостью дальнейшего процесса эксплуатации алмазных кругов. Необходимо достичь повышения надежности и качества при изготовлении абразивного инструмента, без чего невозможно его эффективное применение в производстве.

Изготовление алмазно-абразивного инструмента, базируется на установлении физических и технологических закономерностей формирования алмазоносного слоя при спекании. Алмазные композиции, из которых состоит рабочий слой шлифовальных кругов, являются разновидностью композиционных материалов, представляющих собой сочетание разнородных компонентов с четкой границей раздела: частицы алмазного порошка равномерно распределены и прочно закреплены в сплошной матрице (связке).[1]

Концентрация, марка и зернистость алмазного порошка, а также природа и свойства связки определяют поведение алмазоносного слоя при спекании и шлифовании.

Согласно научным данным в процессе эксплуатации алмазного абразивного инструмента коэффициент эффективного использования алмазных зерен не превышает 5-10%, остальные же зерна разрушаются ещё на этапе изготовления либо выпадают в ходе эксплуатации круга.

Факторами, влияющими на целостность алмазных зерен, являются, прежде всего, технологические особенности изготовления кругов, а также состав спекаемой композиции.

Наличие большого количества металлических включений в кристаллах приводит к снижению их прочности и особенно термостойкости. Известно, что нагрев синтетических алмазов, до температуры 850°C и выше может привести к снижению их прочности.

Причиной этого является разное значение коэффициентов термического расширения металлофазы и алмазного зерна. Как правило, коэффициент термического расширения металла-катализатора гораздо больше, чем у синтетического алмаза. Поэтому при нагревании происходит, так называемый разрыв алмазного зерна изнутри. На рис. 1 представлено влияние температуры спекания алмазоносного слоя на изменение эквивалентных напряжений, возникающих в зерне алмазных кругов на основе различных видов связок. В качестве модели алмазного зерна в данном случае принимается додекаэдр.



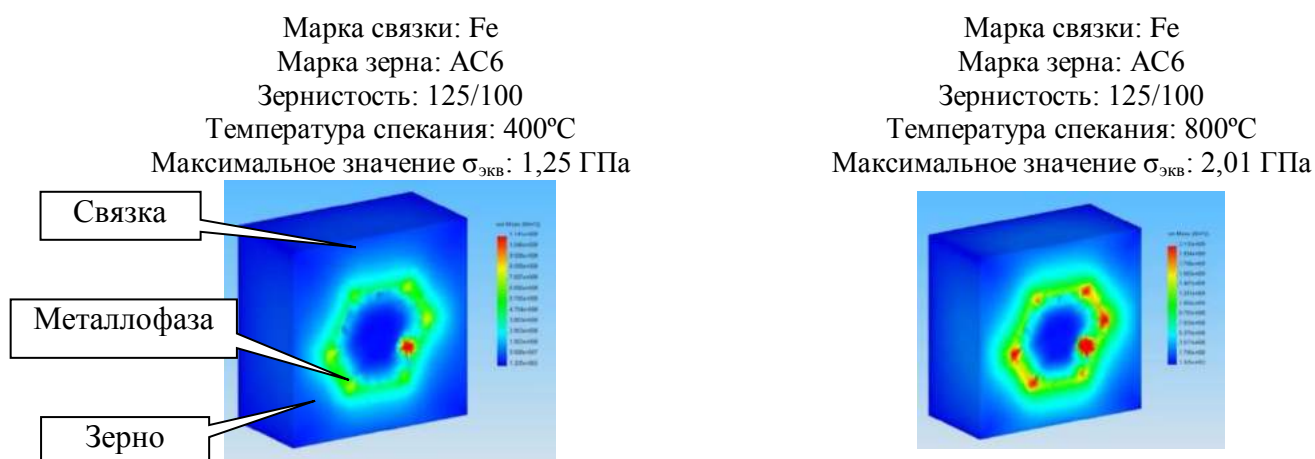


Рис. 1 – Визуализация результатов расчета зависимости эквивалентных напряжений от температуры спекания кругов на металлических связках

Из эпюр напряжений видно, что наибольшие напряжения при нагревании сконцентрированы в области металлофазы и именно она играет ключевую роль в разрушении алмазных зерен в процессе спекания алмазно-абразивного инструмента. [2]

Выдвинута гипотеза о том, что применение алмазных зерен с различными видами покрытий может существенно расширить возможности бездефектного изготовления кругов на различных связках.

Наличие покрытия на зерне способствует продлению его ресурса по причине лучшего удержания в связке, предотвращению образования на нем макротрещин, заполнению уже имеющихся микротрещин и т.д.

Таким образом установлено, что для исключения вероятности разрушения алмазных зерен на этапе изготовления шлифовальных кругов, возможно расчетным путем определять их рациональную структуру и свойства (зернистость, концентрацию, марку зерен и связки) и технологические параметры спекания алмазоносного слоя. Такой подход существенно сократит время и стоимость трудоемких экспериментальных исследований.

### Список литературы:

1. Ковальчук Ю.М., Букин В.А., Глаговский Б.А. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента. – М.: Машиностроение, 1984-288с. 2. Ковальчук Ю.М., Букин В.А., Глаговский Б.А. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента. – М.: Машиностроение, 1984-288с.

2. Козакова Н.В. Определение оптимальных характеристик алмазных кругов путем 3D моделирования процессов их изготовления и шлифования сверхтвёрдых материалов: Дис. Канд. техн. Наук: 05.03.01. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – 210с.



**А.В. НАГОРНЫЙ, В.В. СЕДАЧ**, канд. техн. наук, доцент

### Экспериментальное исследование рабочих характеристик миниатюрного эжектора СТ-49

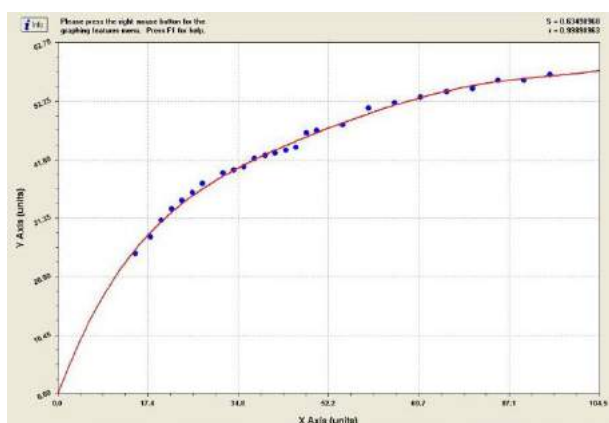
Применение вакуума в современной технике позволяет существенно расширить круг решаемых с применением пневматики задач, а в ряде случаев получать эффективное решение ранее сложно разрешаемых проблем [1,2,3,4].

Малогабаритные эжекторы (МЭ) позволяют создавать необходимый технологический вакуум при наличии избыточного давления питания от достаточно мощного источника сжатого газа (компрессора или баллона) и наиболее часто используются в вакуумных схватах, системах автоматического манипулирования миниатюрными деталями и для клининга зоны обработки.

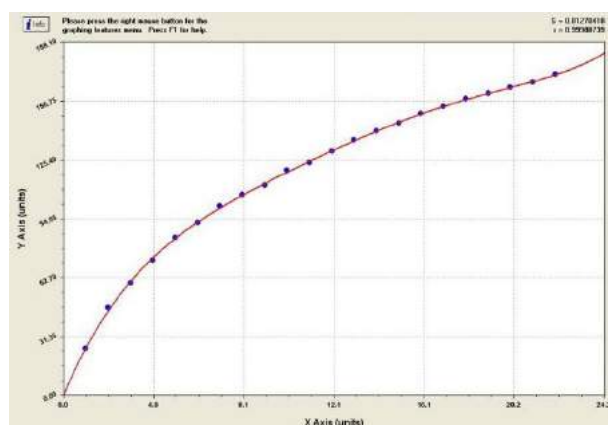
Разработана пневматическая схема стенда и проведены экспериментальные исследования партии из пяти серийных эжекторов типа СТ-49, что позволило получить усредненные данные для построения типовых расходных, статических и нагрузочных характеристик.

После обработки результатов эксперимента с использованием прикладной программы CurveExpert 1.3 построены графики основных рабочих характеристик исследуемого эжектора (см. рис. 1, 2, где  $p$  и  $Q$  – давление и расход соответственно.)

Установлено, что с достаточной степенью достоверности полученные расходные характеристики аппроксимируются полиномами пятого порядка с коэффициентом корреляции  $r = 0,9998$ , а статическая характеристика может быть описана двумя линейными зависимостями с точкой перехода при давлении  $p_{\text{nut}} = 34 \text{ кПа}$ .



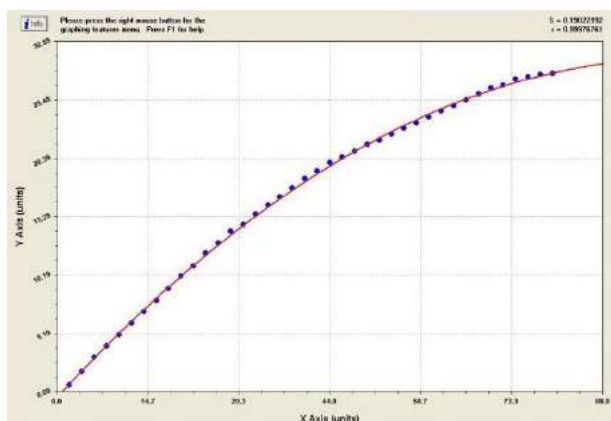
*a*



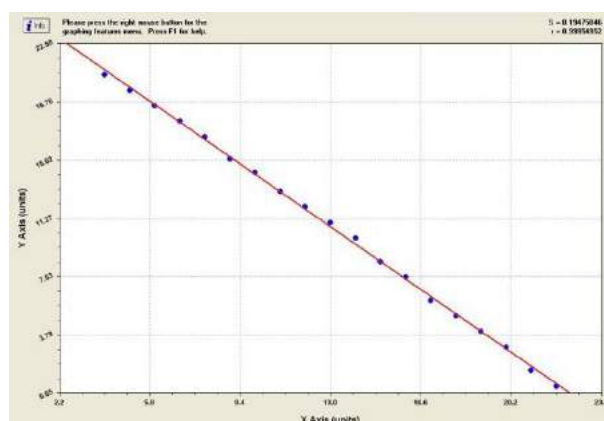
*б*

Рис. 1 – Расходные характеристики струйного эжектора СТ-49:

*a* – по вакууму  $Q_{\text{вак}} = f_1(p_{\text{пит}})$ ; *б* – по выходу  $Q_{\text{вых}} = f_2(p_{\text{пит}})$



*a*



*б*

Рис. 2 – Характеристики эжектора СТ-49: *a* – Статическая  $p_{\text{вак}} = f_3(p_{\text{пит}})$ ,  
*б* – нагрузочная  $p_{\text{вак}} = f_4(p_{\text{нагр}})$  (*б*)

Нагрузочные характеристики эжектора СТ-49 также имеют линейный характер, что упрощает алгоритм выбора геометрических параметров выхлопной магистрали при работе элемента в режиме клининга.

Проведение необходимой выборки из полученных в ходе эксперимента данных позволило вычислить КПД исследуемого эжектора по вакуумному входу, который составил 21%.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования и последующая обработка их результатов позволили получить необходимые эмпирические зависимости для расчета основных рабочих характеристик серийного струйного эжектора СТ-49, отсутствующих в профильной технической литературе.

### Список литературы:

1. Седач В.В., Коваленко Е.Л. Газовые эжекторы как источники вакуума в технике и медицине / Сб. Вестник НТУ ХПИ, том 11. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. – С. 75 – 78.
2. Седач В.В. Малогабаритный пневматический эжектор / Машиностроитель, №9. – М.:, 1988. – С. 38.
3. Седач В.В. Струйные эжекторные формирователи вакуума / Механизация и автоматизация производства, №6. – М.:, 1991. – С. 18 – 19.
4. Седач В.В., Нагорный А.В. Проектирование кольцевого конфузторного дросселя для гидропневмосистем / Сб. Автомобильный транспорт, вып. 29. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – С.76 – 79.

**В.С. НЕРЕТ, А.А. ХУДАВЕРДОВ, Е.В. НАБОКА**, канд. техн. наук

### **Автоматизация испытательного стенда**

Испытания являются одним из важнейших этапов жизненного цикла продукта. Проведение испытаний позволяет определить пригодность применения материалов и сырья для изготовления продукции, проконтролировать качество получаемого материала, а также определить возможность использования технологических приемов и методов при изготовлении изделий.

Испытания проводятся на всех этапах жизненного цикла продукта. Правильная организация испытаний позволяет избежать недостоверных результатов и предотвратить выпуск несоответствующей продукции. Испытательный стенд позволяет осуществлять испытания изделия, которые могут выявить брак при производстве или сборке, а также осуществить приемосдаточные испытания по требованию заказчика.

Автоматизация испытательного стенда позволит повысить точность испытания, уменьшить время испытания и переналадки стенда, исключить человеческий фактор.

В систему управления испытанием необходимо включить ЭВМ. Такая система может оказаться очень гибкой и удобной, так как с компьютера можно будет управлять всеми устройствами и своевременно получать и перерабатывать информацию о ходе испытания. Использование персонального ЭВМ позволит получать выходные акты и протоколы испытаний буквально сразу после окончания испытаний. Предложенная система серьезно облегчит труд рабочих, ускорит время проведения испытаний и автоматизирует их.

Автоматизированные системы испытаний являются одним из звеньев общей интегрированной системы автоматизации производства. На рисунке 1 представлена иерархия автоматизированных систем завода. На 5 уровне находятся исполнительные механизмы и датчики, сигнал с которых поступает на уровень контроллеров (4), и далее на автоматизированные системы испытаний - уровень 3. Как правило, несколько автоматизированных систем могут объединяться в систему более высокого уровня (2), в свою очередь автоматизированные системы этого уровня передают обобщенные данные на уровень ЭВМ управляющих цехами, и затем центральной ЭВМ завода. Такая иерархия позволяет контролировать с одной стороны практически каждый преобразователь с центральной ЭВМ и в то же время не загружает центральную ЭВМ управлением производственными объектами, позволяя руководству завода сосредоточиться на глобальном планировании и управлении производством.



Рис. 1 – Иерархия автоматизированных систем

Датчики в автоматизированных системах могут подключаться по нескольким схемам.

Преимущество радиальной системы - высокое быстродействие и независимое снятие показаний с датчиков; однако эта система обладает плохой ремонтопригодностью и надежностью из-за большого количества сигнальных и управляющих проводов, кроме того она является очень дорогой. Данная структура реализуется, в основном, в исследовательских автоматизированных системах испытаний.

В кольцевой структуре все датчики и управляющая ЭВМ объединены в управляющее кольцо и сигнал последовательно передается от модуля к модулю. Системы, построенные по такой структуре, обладают достаточно низким быстродействием и при выходе хотя бы одного блока из строя измерения останавливаются, однако они дешевы и достаточно часто применяются в системах, где не требуется высокое быстродействие.

Системы, построенные по радиально-кольцевой структуре, в настоящее время являются преобладающими. Эта структура при относительно малом (от двух) количестве сигнальных проводов позволяет построить системы с приемлемым быстродействием и не зависит от выхода из строя отдельного элемента системы.

Таким образом для автоматизации испытательного стенда мы предлагаем использовать радиально-кольцевую структуру, которая позволит: получить необходимое быстродействие при испытаниях; независимость системы управления от поломок отдельных элементов; уменьшение затрат на построение системы управления; высокую надежность системы управления.

#### Список используемой литературы

1. Серегин, М.Ю. Организация и технология испытаний : в 2 ч. Ч. 2: Автоматизация испытаний : учебное пособие / М.Ю. Серегин. - Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. - 96 с.

**К.С. НИКУЛИНА, В.А. ФЕДОРОВИЧ**, докт. техн. наук, проф.

### **Моделирование процесса сверхскоростного шлифования**

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности операций шлифования и расширения его технологических возможностей является увеличение скорости резания, т.е. применение процесса высокоскоростного шлифования.

Высокоскоростная обработка – современная технология, которая, позволяет увеличить эффективность, точность и качество механообработки. Ее отличительная особенность – высокая скорость резания, при которой значительно увеличивается температура в зоне образования стружки, материал обрабатываемой детали становится мягче, и силы резания уменьшаются, что позволяет инструменту двигаться с большой рабочей подачей [1].

Целью работы является повышение эффективности сверхскоростного шлифования за счет определения рациональных режимов шлифования, подбора специального оборудования и абразивных инструментов, определения оптимальных свойств алмазных кругов.

Высокоскоростное шлифование накладывает повышенные требования на технологическую систему: по мощности привода, по способам подачи СОТС, по точности, жесткости и виброустойчивости станков, по качеству абразивного инструмента прочности, геометрической точности.

Для кругов, работающих в режимах высокоскоростного шлифования необходимо учитывать высокую производительность и безопасность инструмента. Материал круга должен иметь высокий коэффициент жесткости, например, алюминиевые сплавы, титановые сплавы, пластмассы, армированные углеродными волокнами. Для того, чтобы шлифовальный круг в условиях сверхскоростного резания не разрушался необходимо, чтобы металлофаза зерна имела низкий КТР и высокий модуль упругости, а связка в свою очередь была достаточно прочной [2].

Для повышения эффективности процесса сверхскоростного шлифования в связку и покрытия добавляют ультрадисперсный алмаз (УДА). Благодаря добавке УДА увеличивается износостойкость покрытий, повышается прочность, микротвердость, снижается коэффициент трения и др.

Проведенные исследования показали, что увеличение концентрации и уменьшение зернистости алмазных зерен круга приводит к одинаковому результату – росту количества зерен на рабочей поверхности круга и в контакте со шлифуемой поверхностью. Это приводит к увеличению плотности расположения тепловых источников, как на поверхности круга, так и в зоне шлифования, что способствует повышению интенсивности тепловыделения в ней и соответственно росту температур шлифования.

При неизменных режимах шлифования увеличение концентрации при

постоянной зернистости и уменьшение зернистости при постоянной концентрации приводит к снижению средней нагрузки на каждое зерно, что увеличивает отвод тепла из СТМ в круг. Также увеличение концентрации приводит к росту напряжений в местах соприкосновения алмазных зерен, которые видны на рис.1.

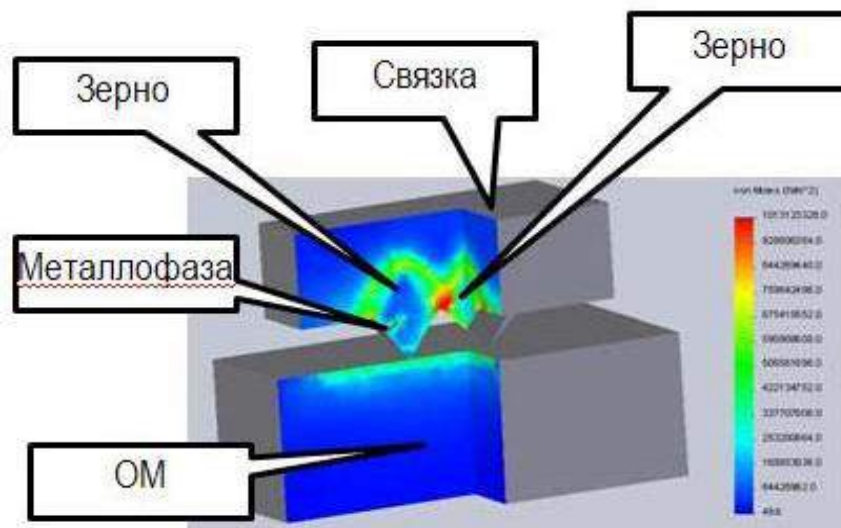


Рис. 1 – Влияние концентрации алмазных зерен на 3D НДС зоны шлифования

Таким образом, было установлено, что увеличение концентрации алмазных зерен приводит к увеличению тепловых источников, что в свою очередь способствует росту напряжений и температур в шлифовальном круге.

В результате экспериментально-теоретических и 3D модельных исследований установлено, что концентрация для большинства составов алмазоносного слоя на металлических связках должна быть меньше 100% для того, чтобы зерна в спекаемом слое не разрушались. Чем прочнее зерна, тем большей может быть их концентрация в алмазоносном слое круга.

Применение метода планирования модельных экспериментов, позволило спрогнозировать оптимальные параметры процесса и уже на стадии проектирования получить данные по рациональным режимам обработки, необходимой скорости обработки, параметров инструмента, что значительно снизило время на дальнейшую диагностику и исследования при моделировании процесса шлифования в режиме сверхскоростного шлифования.

### Список литературы:

1. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования. – Харьков: Высшая шк., 1985. – 184 с.
2. Ковальчук Ю.М., Букин В.А., Глаговский Б.А. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента. – М.: Машиностроение, 1984. – 288с.

**Е.Г. ОНИЩЕНКО, В.А. ФЕДОРОВИЧ**, проф., докт. техн. наук

### **Моделирование процессов шлифования в режиме самозатачивания**

Существенной проблемой при абразивной обработке деталей является снижение режущей способности в процессе эксплуатации шлифовальных кругов вследствие приспособляемости рабочей поверхности круга и обрабатываемой поверхности по причине износа абразивных зерен и засаливания рабочей поверхности [1].

Затупление и засаливание являются основной причиной потери режущей способности абразивного инструмента. В зависимости от преобладания того или иного вида изнашивания различают режим самозатачивания и преимущественного затупления инструмента [2]. Самозатачивание заключается в постепенном и равномерном удалении затупившихся зерен со шлифующей поверхности круга. При этом режущая способность шлифовального круга и теплосиловая напряженность процесса шлифования практически не изменяются со временем.

Процесс самозатачивания обеспечивается микроразрушением вершин зерен с образованием острых субмикроромок и своевременным удалением из связки зерен с площадками износа (тормозящих процесс резания) и включение в работу новых зерен. Необходимо определить такую структуру круга (марка связки, зерна, зернистость, концентрация), их физико-механических свойств и режимов шлифования, при которых обеспечивается оптимальный режим самозатачивания круга [3].

Моделирование процесса шлифования проводилось по методу конечных элементов. Прежде всего, была построена исходная 3D-модель «связка – зерно – металлофаза – ОМ». Заготовка и фрагмент связки представлялись в виде пластин, а алмаз с геометрией октаэдра.

Задачей исследования являлось определение влияния различных усилий прижима, а также высоких температур, возникающих в процессе шлифования в зоне резания, на целостность алмазного зерна, путем определения его НДС.

В исходной модели рассматривалось алмазное зерно марки АС100 (200/160), обладающее следующими прочностными характеристиками:  $\sigma_{раст} = 2,18$  ГПа;  $\sigma_{сж} = 12,9$  ГПа. В первой части расчетов задавалось усилие прижима алмазного зерна в пределах  $1 \div 4$  Н. На рис. 1 представлено распределение эквивалентных напряжений при увеличении усилия прижима алмазного зерна.

Во второй части расчетов учитывалась также температурная нагрузка на алмазное зерно величиной 500 и 800°C. Эпюры распределения эквивалентных напряжений при увеличении температуры нагрева алмазного зерна представлено на рис. 2.

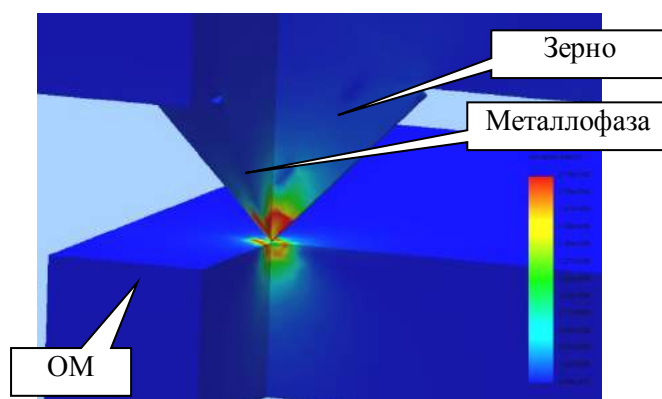


Рис. 1 – Распределение эквивалентных напряжений при силовом нагружении системы «связка-зерно-металлофаза-обрабатываемый материал»

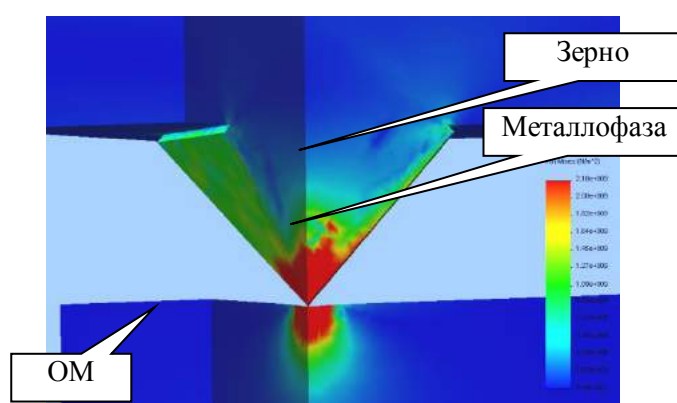


Рис. 2 – Распределение эквивалентных напряжений при тепловом нагружении системы «связка-зерно-металлофаза-обрабатываемый материал» нагрева алмазного зерна

Исследования показали, что определяющим в появлении критических напряжений является температурный фактор, что говорит о необходимости охлаждения зоны шлифования. Показано, что с увеличением размеров включений металлофазы НДС системы растет и при достижении предельно допустимого уровня напряжений вероятно разрушение алмазных зерен.

#### Список литературы:

1. Грабченко А.И., Доброскок В.Л., В.А. Федорович 3D моделирование алмазно-абразивных инструментов и процессов шлифования. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2006.-364с.
2. Худобин Л. В., Унянин А.Н. Минимизация засаливания шлифовальных кругов. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 298 с.;
3. Мишинаевский Л. Л. Износ шлифовальных кругов. – Киев: Наукова думка, 1982. – 192 с.;



**А.М.ПРИДАНЧУК, А.В. ФЕСЕНКО**, проф., канд. техн. наук,

### **Влияние технологии восстановления СОЖ на показатели процесса шлифования**

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) оказывают непосредственное влияние на производительность и качество обработки материалов резанием, осуществляя охлаждающее, смазочное и моющее действия. Наибольшее влияние на конструктивные параметры технических средств применения СОЖ оказывают тип производства, номенклатура обрабатываемых деталей, номенклатура СОЖ и экономические требования [1].

В процессе работы металлорежущих станков СОЖ постепенно загрязняются металлической стружкой и пылью, отходами шлифования — частицами абразива и связки, соединениями абразива и стружки, атмосферной пылью, волокнистыми и смазочными материалами. Для получения качественной поверхности при шлифовании необходимо предусмотреть эффективную очистку СОЖ.

Изменение дисперсного состояния СОЖ в процессе её эксплуатации приводит к ухудшению функциональных и эксплуатационных свойств жидкости. Учитывая, что до 90 % объема СОЖ, применяемых при металлообработке, приходится на долю эмульсионных, выполнено моделирование дисперсного состояния эмульсионных СОЖ с целью прогнозирования его изменения в процессе эксплуатации [2].

Было проведено моделирование в критериальной форме, как это принято при описании адгезии и других физико-химических процессов. Экспериментальным путем определялись ряд коэффициентов для модели, а также влияние энергетического воздействия на дисперсность СОЖ.

Возможность получения гомогенных мелкодисперсных эмульсий нужного состава с минимальной трудоемкостью и малыми энергозатратами обуславливается эффективной схемой их приготовления и рациональными аппаратными средствами. Комплексно решить эту задачу удалось при создании специальной установки с использованием эффекта кавитационной обработки СОЖ в потоке.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что данная технология восстановления СОЖ позволила снизить энергозатраты обработки и повысить качество обработанной поверхности.

#### **Список литературы:**

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник / Л.В. Худобин, А.П. Бабичев, Е.М. Булыжев и др. / Под общ. ред. Л.В. Худобина. – М.: Машиностроение, 2006. – 544 с.
2. Математическое моделирование и исследование технологии и техники применения смазочно-охлаждающих жидкостей в машиностроении и металлургии/ Е.М. Булыжев, А.Ю. Богданов, В.В. Богданов и др. Под общ. ред. Е.М. Булыжева. -Ульяновск: УлГТУ, 2001. - 126

**О.М. ПУШКІН., О.В. ГРИГОРОВ,** докт. техн. наук, професор,  
**Н.О. ПЕТРЕНКО,** канд. техн. наук, професор

### **Шляхи зменшення перекосів кранів мостового типу**

Крани мостового типу є одним з найбільш розповсюджених видів підйомно-транспортного устаткування промислових підприємств. Безперебійна робота кранів може бути забезпечена лише за умови високої довговічності і надійності їхніх основних вузлів і деталей.

Найбільше часто виходять з ладу ходові колеса, термін служби яких коливається від декількох місяців до декількох років. А тривале функціонування й економічність крана у великій мері залежить від правильної виставки його ходових коліс і рейок підкранової колії. Для того, щоб забезпечити гарні ходові характеристики і низький знос, необхідно встановлювати і витримувати допуски, що враховують недосконалість кранового шляху і самого крана. Несправний стан підкранових колій викликає посилене зношування й розвальцювання реборд ходових коліс, зношування деталей і вузлів механізму ходу моста, вихід з ладу електроустаткування, а нерідко й ушкодження самої металевої конструкції моста. Крім того, результатом несправного стану шляхів є збільшення витрати електроенергії.

Дотримання норм ДСТ 27584-88 і ДНАОП 0.00-1.03-02 повинно забезпечити гарні ходові характеристики кранів. Однак вітчизняні виробники через застаріле і недосконале устаткування, не завжди забезпечують необхідну точність установки ходових коліс, через що кран починає працювати з перекосом ходових коліс, у 2-4 рази перевищує норму, що викликає передчасний знос ходової частини крана.

При центральному приводі ходові колеса з конічним профілем поверхні качіння у взаємодії з рейками опуклого профілю сприятливо впливають на ходові характеристики крана і на сили бічного відведення ходового колеса. Кут нахилу конусної поверхні може бути рекомендований у  $3...4^\circ$ . Для того, щоб не було набігання реборд ободів конічних ходових коліс на рейку, поверхня качіння повинна бути досить широкою.

Таким чином шляхом зменшення перекосів кранів є: застосування лазерних установок при прокладанні підкранових рейок та при виготовленні кранів для збільшення точності; збільшення зносостійкості та довговічності ходових коліс та рейок; використання конічних ходових коліс кранів; розробка нових конструкцій вузлів ходової частини кранів; оптимальне керування кранів для зменшення динамічного навантаження та гасіння коливань вантажу. Як показує експлуатаційна практика, ретельна установка ходових коліс веде до дуже істотного поліпшення роботи механізму пересування і збільшенню терміну служби коліс у кілька разів.

**А.Е.САМОЙЛОВА, С.С.ДОБРОТВОРСКИЙ**, докт. техн. наук

**Сравнительный анализ продуктивности и качества обработки при высокоскоростном фрезеровании и прерывистом шлифовании деталей из упрочненных сталей**

В настоящее время актуальной является проблема обеспечения заданного качества и высокой производительности при обработке деталей из упрочненных сталей. Упрочнению термической обработкой подвергаются 8-10 % общей выплавки сталей. Одним из основных видов упрочнения стали является ее закалка. К этой группе материалов относятся закалённые сорта стали твёрдостью >45 – 68 HRC.

Закалённые стали реже других подвергаются механообработке и наиболее распространенным её видом являются чистовые операции, такие как шлифование. При шлифовании вследствие высокой температуры в зоне резания происходит повышение химической активности обрабатываемого материала к кислороду, азоту и водороду, и возможно возникновение прижогов и микротрещин на поверхности заготовки, что снижает эксплуатационные характеристики деталей: усталостную прочность, износоустойчивость. Кроме прижогов на поверхности деталей после шлифования часто наблюдаются трещины в результате действия суммарных остаточных внутренних напряжений, возникающих вследствие неоднородной пластической деформации в разных зонах поверхностного слоя.

В области абразивной обработки, создание и совершенствование инструмента является одним из направлений в расширении технологических возможностей процесса шлифования. Наиболее эффективным является применение инструмента с прерывистой рабочей поверхностью и подачей СОЖ непосредственно в зону резания. Такие круги создают нестационарный режим шлифования, сопровождающийся периодическим прерыванием контакта круга с обрабатываемой поверхностью, открывают принципиально новые возможности понижения температуры. Если длительность процесса шлифования режущих выступов кругов с прерывистой поверхностью обеспечить меньше времени теплового насыщения, то температура в зоне контакта круга и обрабатываемой поверхности не будет достигать своих максимальных значений, и она может быть ограничена. Следовательно, за счет прерывистого шлифования можно управлять температурой в зоне контакта. Эффект понижения температуры может быть значительно усилен путем подачи СОЖ непосредственно в зону резания в момент прерывания процесса резания.

Равномерный износ, а отсюда и высокая износостойкость достигается тем, что удельная работа резания, выполняемая каждым из участков профиля, одинакова из-за постоянной площади контакта. Соблюдение постоянства площади контакта режущей поверхности выступов прерывистого инструмента и

обрабатываемой поверхности в процессе обработки позволяет избежать ударных нагрузок.

Также одним из перспективных направлений является замена процесса шлифования закаленных сталей высокоскоростным фрезерованием (ВСФ) на финишном этапе формообразования [1].

Это обусловлено следующими причинами:

1. Закалённые стали имеют промежуточное состояние между пластичными и хрупкими металлами, причем закаленные стали высокой твердости являются типичными хрупкими материалами, поэтому в процессе шлифования закалённых сталей происходит «вырывание» зерен материала из кристаллической решетки, а процесс высокоскоростного фрезерования высвобождает свойства пластичности у хрупких материалов и характеризуется образованием сливной стружки.

2. Высокие температуры в процессе шлифования ( $600-1600^{\circ}\text{C}$ ) являются причиной самовозгорания и интенсивного горения стружки малых сечений. При определении коэффициента использования материала процесс шлифования оказывается менее эффективным и экономически не выгодным по сравнению с высокоскоростным фрезерованием.

3. Температурные явления, протекающие в процессе шлифования, могут привести к ухудшению качества поверхностного слоя, увеличению шероховатости, что в результате способно снизить рабочий ресурс, как отдельной детали, так и механизма в целом.

4. Так как одной из основных задач технологии машиностроения является обеспечение заданных эксплуатационных параметров обработанной детали, которые в значительной степени определяются состоянием ее поверхностного слоя, то применение высокоскоростного фрезерования становится одним из самых перспективных методов механообработки.

В данной работе были определены области преимущественного использования прерывистого шлифования и области преимущественного применения ВСФ. Также было показано, что при усложнении рисунка глубинного профиля на шлифовальном круге, процесс прерывистого шлифования с точки зрения теплофизических процессов становится подобным процессу высокоскоростного фрезерования.

### **Список литературы:**

1. Добротворский С.С., Басова Е.В., Соломатин Р.И. Исследование влияния технологических параметров процесса высокоскоростного фрезерования на качество обработки закаленных сталей // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сборник научных трудов Национального аэрокосмического ун-та «ХАИ» - 2013. - Вып.60.- С.54-63.

**Т.М. СКРИПНИЧЕНКО, В.В. ОФІЙ**, канд. техн. наук, доцент.

### **Дослідження перекосів ходових коліс мостових кранів**

На мостовий кран, як і на інші рейкові крани, діють зовнішні і, передавані через силове замикання сил тертя або ж, відповідно, через геометричне замикання між краном і підкрановим шляхом, внутрішні сили в горизонтальній площині. Зовнішні сили є слідством, передусім, дії:

- прискорення і уповільнення ходових переміщень візків кранів і мостів кранів;

- розгойдування вантажу; - вітрової дії в подовжньому і поперечному по відношенню до руху крану напрямках. Внутрішні сили виникають як наслідок перекосу крану під час його руху, тобто відхилення його від ідеальної лінії руху. Першою передумовою (причиною) появи перекосу є відмінності між вертикальними силами і, як наслідок, між опорами руху ходових коліс, наслідком яких, у свою чергу, стають різні моменти моторів і різні числа оборотів моторів. Це призводить до обмеженого елементами системи орієнтації напрямку руху крану випередженню однієї несучої кінцевої балки по відношенню до іншої і тим самим до виникнення горизонтальних сил і деформацій несної конструкції крану].

Другою причиною виникнення перекосу є погрішності у вигляді коливань, що визначають напрям руху крану параметрів ходового механізму у рамках полів допуску і зносу. Визначальними величинами впливу (обурюючими величинами) є перекози ходових коліс або ж, відповідно, осей ходових коліс, відмінності в діаметрі ходового колеса і в нахилі (нахилі) графічних характеристик мотора, а також відхилення рейок підкранового шляху від номінального (заданого) положення. Що виникають із-за дії цих обурюючих величин в крані і підкрановому шляху горизонтальні сили діють, передусім, в напрямі, поперечному до напрямку руху крану і мають значення, які є визначальний для розрахунку. При центральному приводі ходові колеса з конічним профілем поверхні кочення у взаємодії з рейками опуклого профілю сприятливо впливають на ходові характеристики крану і на сили бічного відведення ходового колеса. Для того, щоб не було набігання реборд ободів ходових коліс, незважаючи на направляючу дію конічних поверхонь кочення, поверхня кочення має бути досить широкою для того, щоб вона могла компенсувати зміщення рейок. Сприятливим є зв'язок усіх ходових коліс по числу оборотів за допомогою відносно жорстких валів. Під час свого руху по рейках підкранового шляху мостовий кран обмежується у своєму поперечному русі і у своєму обертальному русі за допомогою елементів орієнтації напрямку його руху в межах розгону колісної пари. При цьому в цих елементах виникають сили, які переносяться на кран і підкрановий шлях, вони також називаються такими, що направляють силами.

Ю.В. СМЕРНОВА, А.В. МЕДВЕДЕВ, Л.Г. ДОБРОВОЛЬСКАЯ, доц.,  
С.С. ДОБРОТВОРСКИЙ, проф.

### **Повышение качества обработки алюминиевых сплавов инструментами из сверхтвердых материалов**

Качество поверхности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства деталей машин и приборов и обуславливается свойствами металла и методами обработки: механической, электрофизической, электрохимической, термической и т. д. В процессе механической обработки (резание лезвийным инструментом, шлифование, полирование и др.) поверхностный слой деформируется под действием нагрузок и температуры, а также загрязняется примесями (частицы абразива, кислород) и другими инородными включениями.

Существует проблема с механической обработкой наружной поверхности такой детали как «Поршень». Микрорельеф по наружной поверхности детали представляет собой винтовую линию. Сложность состоит в достижении высокой отражательной способности поверхности, что связано со сложностью обеспечения оптимального соотношения параметров шероховатости  $R_a/R_{max}$ . Согласно работе [1], существенно повысить отражательную способность можно при значениях  $R_a/R_{max}=0..0,29$ . Поэтому реализация данных значений представляется важной и актуальной задачей, направленной на повышения эксплуатационных свойств обработанной поверхности и на создание товарного вида изготавливаемого изделия. В связи с этим был проведен комплекс экспериментальных и теоретических исследований по технологическому обеспечению высокой отражательной способности наружной поверхности поршня на основе установления связи с микрошероховатостью поверхности. Экспериментально установлено, что чем больше высота микронеровностей обработанной поверхности, тем ниже ее отражательная способность. Например, приведенная на рис. 1, а профилограмма обработанной поверхности соответствует ее высокой отражательной способности, тогда как для профилограммы, показанной на рис. 1, б характерна «матовость» поверхности, что свидетельствует о ее высокой светорассеивающей способности.

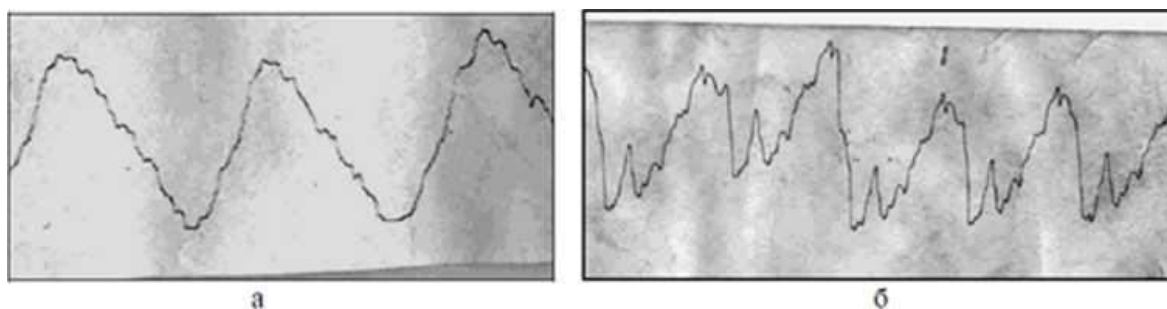


Рис. 1 – Профилограммы обработанной поверхности

К сожалению, реализовать на практике профиль поверхности, показанный на рис. 1, а. сложно. Как правило, имеет место профиль поверхности, показанный на рис. 1, б. Это может быть связано с износом лезвия резца и образованием на нем значительных микронеровностей, возникновением вибраций в процессе резания, особенностью обработки юбки поршня по копиру, а также прерывистым характером процесса резания. Очевидно, все указанные причины связаны с силовым фактором процесса резания и поэтому основным путем повышения эффективности в данном случае необходимо рассматривать снижение сил резания и повышение износостойкости инструмента.

В связи с этим, в настоящее время вместо резцов из твердого сплава типа ВК6 при окончательной обработке наружной поверхности поршня используются алмазные резцы из поликристаллических алмазов типа АТП, РСД, РКД, обладающие более высокой режущей способностью и повышенной износостойкостью. Экспериментальные исследования показали, что при обработке алмазным резцом на сплошной наружной поверхности поршня может быть достигнута требуемая микрошероховатость поверхности и соответственно ее высокая отражательная способность. При обработке участка поверхности, на котором расположено отверстие под поршневой палец, в силу прерывистости процесса резания отражательная способность обработанной поверхности ниже. Следовательно, в этом случае в связи с ударным характером взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью происходит повышенный износ и затупление инструмента, в технологической системе возникают вибрации, что собственно и приводит к ухудшению профиля микрошероховатости поверхности. Установлено также, что после определенной приработки алмазного резца, когда его режущее лезвие принимает устойчивую (износостойкую) форму, микрошероховатость обработанной поверхности уменьшается, что ведет к повышению ее отражательной способности. При этом установлено, чем меньше зернистость исходного порошка, из которого изготовлен режущий инструмент, тем выше отражательная способность обработанной поверхности.

В процессе исследования установлено, что интенсивность светорассеивания обусловлена не только высотой микропрофиля, измеряемого параметром  $R_a$ , а главным образом наличием случайного распределения колебаний внутри микропрофиля. Поэтому для более точного описания светоотражения в зависимости от шероховатости необходимо рассматривать микропрофиль как случайный процесс и использовать для его оценки параметр  $R_g^2$  и моделирование процесса с помощью  $V_{awlet}$  функций.

#### **Список литературы:**

1. Шкурупій В.Г. Підвищення ефективності технології фінішної обробки світло відбиваючих поверхонь деталей із тонкого листа і стрічок / В.Г. Шкурупій, Ф.В. Новиков // Физические и компьютерные технологии: труды 12-й Международной научно-технической конференции, 7-8 июня 2006г. - Х.: ХНПК "ФЭД", 2006. - С. 9-19.

**М.А. ТЕРЕХОВ, И.Э. ЯКОВЕНКО**, канд.техн.наук, доцент

### **К вопросу унификации установочно – зажимных приспособлений в серийном производстве**

Технический прогресс влечет за собой быстрое увеличение номенклатуры изделий машиностроения, постоянное усложнение конструкций машин и оборудования, сокращение длительности их жизненного цикла при возрастающих требованиях к их качественным характеристикам и эксплуатационной надежности. Это предъявляет все более жесткие требования к подготовке производства и технологии изготовления машин, в первую очередь в серийном и крупно-серийном производстве.

Особое внимание в данном вопросе необходимо уделять сокращению сроков проектирования и изготовления технологической оснастки. Этому способствует возможность создания унифицированных конструкций установочно-зажимных приспособлений на основе классификации, систематизации и унификации существующих конструкций, применяемых при обработке на специальных станках.

На основании анализа существующих конструкций была предложена функциональная схема приспособления, которая описывает как все приспособление в целом, так и конструкцию его основных функциональных элементов: узел зажима и его расположение; привод и его расположение; схему базирования детали с набором базовых элементов и их расположением; корпус (см. рис.1.).

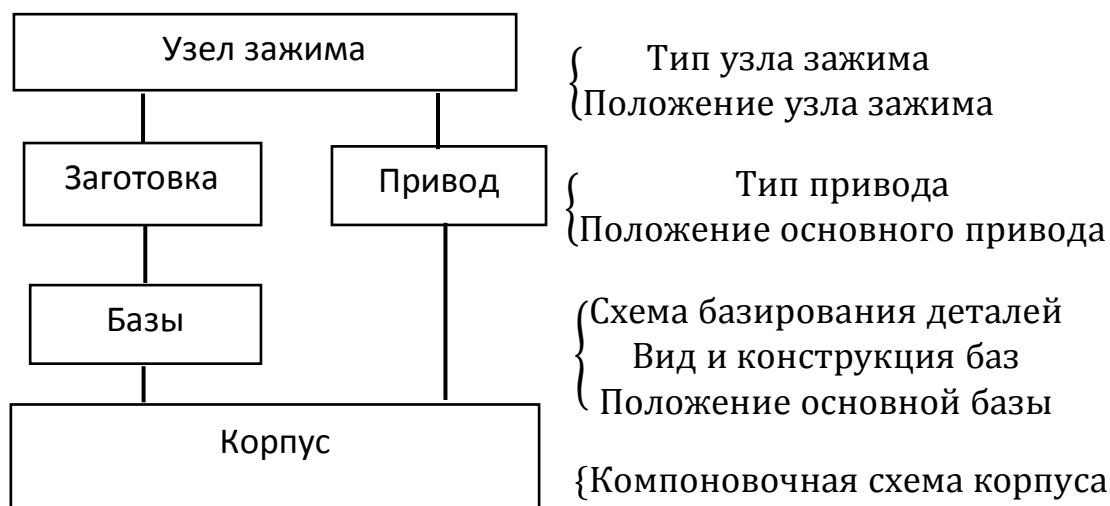


Рис. 1. – Функциональная схема и классификационные признаки приспособлений

Приоритетным признаком классификации является тип узла зажима, который во многом определяет конструкцию и набор всех остальных элементов



приспособления, а также выделены вспомогательные классификационные признаки, обусловленные функциональным назначением остальных узлов и элементов приспособления. Для каждого выделенного типа элементов приспособления проведен дальнейший анализ конструкций и установлены групповые классификационные признаки.

Выделены основные типы узлов зажима заготовки в приспособлении:

- рычажные механизмы зажима;
- клиновые механизмы зажима;
- эксцентриковые механизмы зажима; - винтовые механизмы зажима;
- зажимы прямого действия.

Наиболее распространенными типовыми схемами зажима являются рычажные и клиновые механизмы. Однако, наиболее простыми с точки зрения обеспечения закрепления заготовки являются компоновки приспособлений с механизмами зажима прямого действия. Поэтому данный тип приспособлений был выбран в качестве базового для создания и проверки методики унификации элементов приспособления.

На основании проведенной классификации были разработаны типовые конструкции узлов приспособлений с механизмом прямого действия, для каждой из которых был определен набор необходимых деталей, способных реализовать функциональное назначение узла. Эти детали были распределены на две группы: оригинальные, которые определяются геометрией заготовки, и, соответственно, не подлежат унификации (унифицируются только сопрягаемые при сборке размеры); нормализованные, которые используются в любой конструкции узла данного типа. Для осуществления унификации нормализованных деталей этих типовых конструкций были разработаны параметрические чертежи и созданы трехмерные сборочные модели конструкций. Статистический анализ типоразмеров обрабатываемых заготовок и режимов обработки позволил разработать схемы распределения нагрузки на элементы приспособления в процессе изготовления деталей.

На основании проведенных исследований поведения элементов и деталей под нагрузкой были предложены параметрические ряды размеров для унифицированных деталей и их элементов, и соответственно параметрические размеры сопрягаемых поверхностей для оригинальных деталей, что позволяет производить изготовление оригинальных деталей приспособлений с учетом оптимизации последующей сборки приспособления.

#### **Список литературы:**

1. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления. Справочник В 2-х т. Т.1. - М.: Машиностроение, 1984. – 541с.
2. Коваленко А.В. Станочные приспособления. М.: Машиностроение, 1983. - 136 с.
3. Плашей Г.И., Марголин Н.У., Пирович Л.Я. Приспособления агрегатных станков, альбом конструкций. М.: Машиностроение, 1977.-192с.

**С. ХАРЕСТАНІ, І.М. ПИЖОВ**, д. т. н., професор, **В.Г. КЛИМЕНКО**

### Особливості застосування процесу плоского торцевого шліфування

Чистова багатомісна обробка продовжує мати важливе значення в механообробці. При цьому чистові процеси виконуються, як правило, на плоскошліфувальних верстатах з поздовжнім або круговим (обертальним) рухами столу. Шліфувальні верстати з вертикальним розташуванням шпинделя забезпечують високі показники продуктивності і точності обробки при низькій шорсткості обробленої поверхні виробів. Їх особливістю можна вважати те, що за умови коли діаметр кола перевищує ширину робочого столу, обробка поверхні може вестися на прохід, що сприятливо позначається на значеннях вихідних показників обробки. Такі верстати призначені для шліфування плоских поверхонь в умовах масового і серійного типів виробництва. При цьому доволі часто шліфувальний круг нахиляють в горизонтальній площині в напрямку поздовжнього переміщення столу верстата на кут  $\alpha$  (рис. 1, 1 – круг; 2 – деталь).

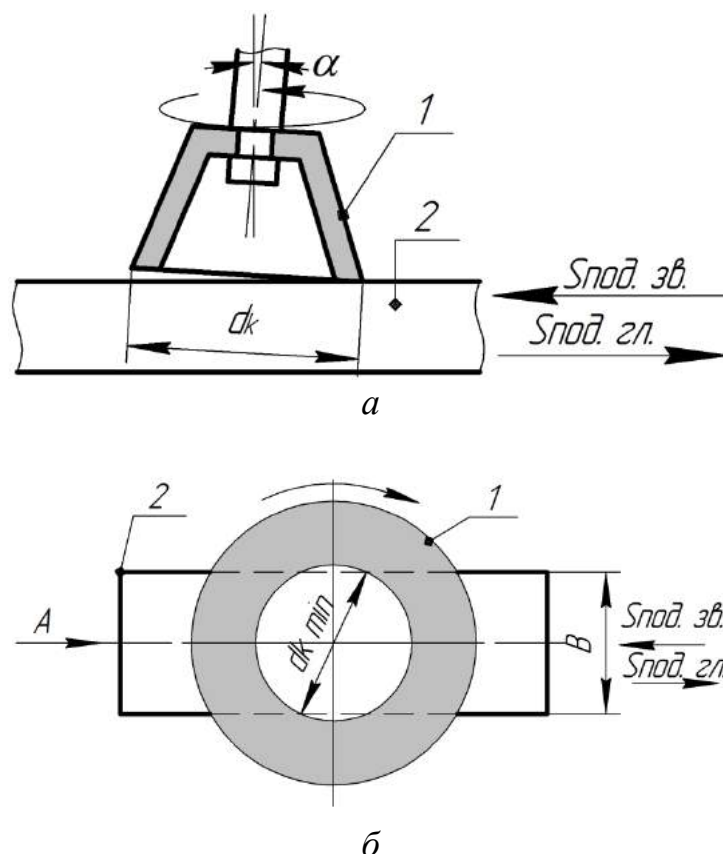


Рис.1 – Схема плоского торцевого шліфування з нахилом осі шпинделя

Цим уникають надмірного нагрівання оброблюваної деталі і досягають підвищення продуктивності обробки до 50% [1, 2]. В літературі відсутні дані

про конкретні значення кутів. Так, наприклад, наголошується, що на етапах чорнової та чистової обробки зазор  $\delta$  не повинен перевищувати 2 та 0,05мм відповідно. На етапі особливо точного шліфування нахил шпинделя, зазвичай, не роблять. В залежності від напрямку поздовжньої подачі процес може бути здійснений як за звичайною ( $S_{\text{под.зв.}}$ ), так і глибинною ( $S_{\text{под.гл.}}$ ) схемами. В останньому випадку забезпечується плавний вхід РПК в контакт з деталлю. Зміною значення кута  $\alpha$  можна керувати відхиленнями форми деталі, площею контакту круга з деталлю, а отже і тепловою напруженістю процесу. Це свідчить про актуальність обраної теми досліджень.

Метою досліджень є розширення технологічних можливостей процесу плоского торцевого шліфування.

Суттєвим недоліком процесу шліфування з нахилом осі круга на кут  $\alpha$  є те, що на поверхні деталі утворюється відхилення від площинності, а точніше її окремий випадок - увігнутість  $\Delta$ . Схема її утворення наведена на рисунку 2.

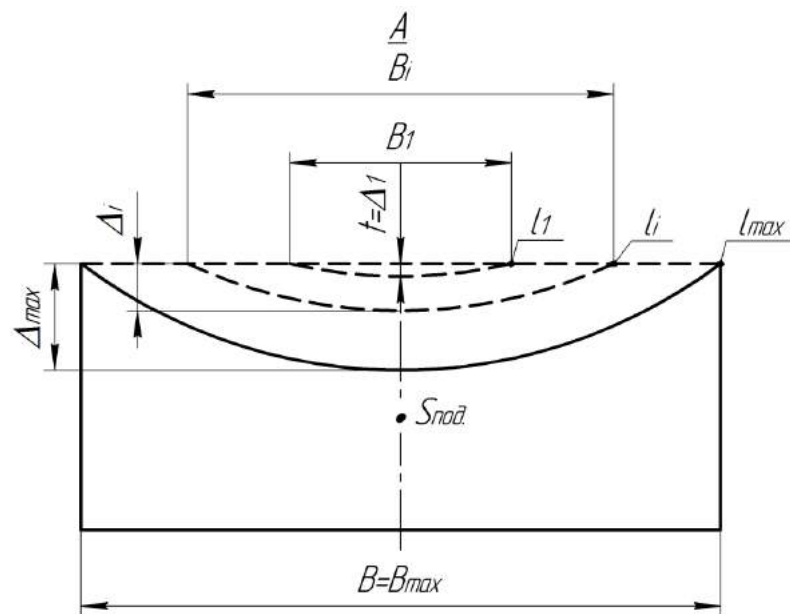


Рис. 2 – Схема утворення увігнутості на поверхні деталі

Задача визначення площі контакту робочої поверхні круга з деталлю та величини параметру  $\Delta$  була вирішена нами шляхом теоретичних досліджень та комп'ютерного моделювання у середовищі «КОМПАС».

Вирішення цих питань сприяє розширенню технологічних можливостей процесу шліфування.

### Список літератури:

1. Наерман М.С. Справочник молодого шлифовщика. / М.С. Наерман. -М.: Высш. шк., 1985.-207 с.
2. Лоскутов В.В. Шлифовальные станки. / В.В. Лоскутов. -М.: Машиностроение. - 1976. –191 с.

**С.А.ШЕВЧЕНКО, А.А.ПЕРМЯКОВ**, докт. техн. наук, профессор

**Анализ компоновок современных агрегатных технологических систем  
механической обработки**

Современное машиностроительное производство должно иметь возможность гибко и быстро реагировать на изменение спроса заказчиков, а именно возможность постоянного расширения и обновления номенклатуры изготавливаемых деталей, необходимость осуществления обработки заготовок из новых материалов, повышение качества, снижение себестоимости продукции и т.д. Это приводит к необходимости использования такого технологического оборудования, которое обеспечивало бы быстрое изменения в действующем производстве. Во многих отраслях промышленности Украины, особенно в таких традиционно массовых производствах машиностроения, как автомобилестроение, тракторостроение и сельскохозяйственное машиностроение, наряду с требованием гибкости, сохраняется требование обеспечения высокой производительности и качества выпускаемой продукции. Наиболее перспективными в данных областях промышленности были бы технологические системы, позволяющие обеспечить высокую степень гибкости при высокой производительности. Таким требованиям удовлетворяют современные агрегатные технологические системы механической обработки (АТСМ), состоящие из агрегатных станков (АС) и автоматических линий (АЛ). В настоящее время выпуском таких технологических систем занимается множество станкостроительных фирм, конструкции и схемы построения таких станков хорошо отработаны.

Современные агрегатные станки состоят из унифицированных узлов, собранных вместе в единую конструкцию (агрегатно-модульный принцип построения) и объединенных единой системой числового программного управления. Распространению такого оборудования способствует развитие систем ЧПУ. Наличие систем ЧПУ с возможностью многоканальной (многоконтурной) обработки дает возможность одновременно и независимо управлять позициями агрегатного станка.

Агрегатно-модульный принцип построения металлорежущего оборудования позволяет достичь: значительного сокращения сроков и стоимости проектирования и изготовления станков; определенной мобильности (гибкости), которая позволяет обеспечить быстрый переход с изготовления одних деталей на изготовление других, часто в широком диапазоне их разновидностей; увеличения концентрации операций; автоматизации технологического цикла; расширение границ использования такого оборудования по сравнению с теми масштабами производства, в которых раньше было целесообразно и рентабельно использовать специальные станки; значительное повышение надежности работы станков за счет возможности

тщательной отработки конструкции элементов, узлов и агрегатов; облегчение ремонта, настройки и обслуживания станков.

Несмотря на то, что за долгий период развития агрегатных технологических систем уже разработаны основные принципы проектирования технологических процессов обработки деталей, созданы параметрические ряды конструкций унифицированных узлов и агрегатов, сформированы основные компоновочные схемы, однако потенциальные возможности, заложенные в агрегатно-модульном принципе построения станков и систем, раскрыты не полностью. Поэтому актуальной есть проблема использования потенциальных способностей агрегатно-модульного принципа и способов построения наиболее рациональных компоновок многопозиционных многоинструментальных АТСМ, которые могли бы обеспечить не только обработку одной-двух деталей, а достигать широкой номенклатуры однотипных деталей с разным количеством обрабатываемых поверхностей, с максимальным повышением продуктивности. За счет перенастройки отдельных узлов и агрегатов станка потенциально возможно формирование новой компоновки с помощью функциональных элементов, которых входят в структуру АВ.

Вопрос выбора рациональной компоновки металлорежущего оборудования в современных условиях наиболее важны, потому что, во-первых, определяют основные потребительские и эксплуатационные характеристики, во-вторых, позволяют управлять трудоемкостью изготовления, уровнем металлоемкости, энергооснащения, фондоотдачи и т.д. Таким образом, для объединения в компоновке многономенклатурного АС всех преимуществ агрегатно-модульного принципа, высокой производительности и универсальности необходимы конструктивные и инженерно-технические решения для отдельных агрегатов, которые перенастраиваются. Объединение гибких перенастраиваемых агрегатов в компоновке станка позволит внести в его конструкцию необходимых технологических излишеств для обеспечения многономенклатурной обработки.

Это задание может быть решено путем анализа существующих компоновок и конструкций современных агрегатных технологических систем механообработки и выбора оптимальных из гаммы существующих. Для этого должна быть четкая классификация узлов и агрегатов за их свойствами, в соответствии с которыми можно сделать правильный выбор.

#### **Список литературы:**

1. Тимофеев Ю.В., Хицан В.Д., Васерман М.С., Громов В.В. Агрегатные станки средних и малых размеров. – М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.
2. Дашенко А.И., Шмелев А.И. Конструкции агрегатных станков. – М.: Высшая школа, 1982. – 176 с.
3. Аверьянов О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

**О.О. ЯРОШ, О.В. ГРИГОРОВ**, докт. техн. наук, професор,  
**Н.О. ПЕТРЕНКО**, канд. техн. наук, професор

### **Застосування гідроприводу в кранових механізмах**

Гідроприводи можуть бути двох типів: гідродинамічні й об'ємні. У гідродинамічних приводах використовується в основному кінетична енергія потоку рідини. В об'ємних гідроприводах використовується потенційна енергія тиску робочої рідини.

Гідродинамічний привод складається з асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором або двигуна внутрішнього згоряння, гідромуфти або гідротрансформатора, редуктора. Застосування гідромуфти або гідротрансформатора істотно поліпшує характеристику приводу і дозволяє використовувати в багатьох випадках короткозамкнений двигун замість двигуна з фазним ротором. Такий привод надійний, простий за конструкцією, має невеликі габарити і невисоку вартість. Основне призначення гідроприводу, як і механічної передачі, - перетворення механічної характеристики приводного двигуна відповідно до вимог навантаження (перетворення виду руху вихідної ланки двигуна, його параметрів, а також регулювання, захист від перевантажень і ін.). Приводним двигуном насоса можуть бути електродвигун, дизель і інші, тому іноді гідропривід називається відповідно електронасосний, дизельнасосний і т.д.

Об'ємний гідропривод застосовується в гірських і будівельно - дорожніх машинах, у верстатобудуванні й ін. Привод з об'ємним регулюванням має високий ККД, велику жорсткість механічних характеристик, малі габарити і вагу, широко застосовується в силових ланцюгах різних вантажопідйомних машин.

Діапазон регулювання швидкості, що забезпечує гідропривід з об'ємним регулюванням у десятки разів перевершує навіть систему Г-Д. Так, наприклад, насоси ПД і гідромотори ПМ здатні забезпечувати глибину регулювання до 1:1000. За даними з закордонних джерел при застосуванні системи регульований насос - нерегульований гідродвигун у приводі радара отриманий діапазон регулювання до 1:1200000.

Динамічні можливості гідродвигунів значно перевершують показники електродвигунів. Динамічні можливості приводів оцінюються здатністю додавати інерційному навантаженню великого прискорення. Динамічні можливості тим вище, чим більше крутний момент, що розвивається двигуном і менше його момент інерції. Для створення крутного моменту електродвигуна, практично реалізується значення електромагнітної напруги в 0,3....0,5 МПа. У гідродвигунах для реалізації крутного моменту, використовується тиск рідини в десятки разів більше. Можливості форсування гідроприводу в цьому напрямку ще далеко не вичерпані.

Коефіцієнт корисної дії та енергетичні витрати на виконання одиниці роботи за цикл у системах об'ємного і дросельного регулювання швидкості можуть бути зіставлені з електричними системами регулювання швидкості на основі електричних схем заміщення гідравлічних систем.

Грунтуючись на цьому, можна стверджувати, що система об'ємного регулювання швидкості за ККД і енергетичними показниками близька до системи Г-Д. Схеми систем дросельного регулювання при послідовному з'єднанні дроселя порівняні зі схемами шунтування якоря електродвигуна постійного струму з незалежним збудженням.

Гідравлічні системи з паралельним приєднанням дроселя до гідродвигуна близькі до систем реостатного регулювання швидкості електродвигунів.

Гідропривод з об'ємним регулюванням швидкості за аналогією з системою Г-Д щодо використання споживаної з мережі енергії виявляється тим раціональніше (у порівнянні з приводом від асинхронного двигуна з фазним ротором), чим менше відношення тривалості паузи до періоду робочого циклу. Численні експерименти, проведені на шахтних піднімальних машинах, показали, що машини, що працюють на змінному струмі, споживають електроенергії на 30-50 % більше, ніж в об'ємному приводі.

У зв'язку зі сприятливими умовами роботи електродвигуна об'ємного привода його встановлена потужність для механізмів пересування, наприклад, може бути 20-30 %, а іноді і більш знижена в порівнянні з приводом від асинхронного двигуна з фазним ротором.

Закордонний багаторічний досвід експлуатації вантажопідійомних машин показує, що в кранів з об'ємною гідропередачею споживання електроенергії на тонну вантажу, що переробляється, менше, а кількість піднятого вантажу більше, ніж у кранів зі звичайним електромеханічним приводом.

Економічність застосування об'ємних гідропередач підйомно-транспортних машин обґрунтовується в ряді робіт НДПТМАШ, ІГД ім. А.А. Скочинського. При цьому робиться висновок, що застосування гідроприводу знижує капітальні витрати в мостових ливарних кранах (привод від двигунів постійного струму) на 30-40 %, експлуатаційні витрати знижуються на 15-25 %. Застосування гідропривода може бути доцільним при необхідності забезпечити пуск, гальмування і регулювання швидкості в широкому діапазоні, при можливості автоматичного регулювання швидкості, при роботі приводу у вибухонебезпечному середовищі.

Економічний ефект можна одержати в мостових кранах загального призначення, якщо врахувати збільшення терміну служби усього крана в цілому за рахунок значного на 40-50 % зменшення динамічних навантажень, що діють на кран пуско-гальмових режимах при однаковому часі проходження перехідних процесів. Стаття експлуатаційних витрат об'ємного привода може бути знижена, якщо врахувати значно менші витрати електроенергії з урахуванням її рекуперації при гальмуванні, зниженні витрат на обслуговування гальм, у застосуванні яких немає необхідності в ряді випадків.

## СЕКЦІЯ 4. НАУКОВІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.25.010

**М.В. БАТЮК, Д.Е. САМОЙЛЕНКО**, канд. техн. наук.

### **Выбор оптимальных параметров турбокомпрессора для наддува автотракторного дизеля**

Задача повышения мощности и крутящего момента двигателя была актуальна всегда. Мощность двигателя напрямую связана с рабочим объемом цилиндров и количеством подаваемой в них топливо-воздушной смеси. Т.е., чем больше в цилиндрах сгорает топлива, тем более высокую мощность развивает силовой агрегат.

Самое простое решение - повысить мощность двигателя путем увеличения его рабочего объема приводит к увеличению габаритов и массы конструкции. Количество подаваемой рабочей смеси можно поднять за счет увеличения оборотов коленчатого вала (другими словами, реализовать в цилиндрах за единицу времени большее число рабочих циклов), но при этом возникнут серьезные проблемы, связанные с ростом сил инерции и резким увеличением механических нагрузок на детали силового агрегата, что приведет к снижению ресурса мотора. Наиболее действенным способом в этой ситуации является наддув.

Поэтому актуальной задачей является выбор оптимальных параметров турбокомпрессора.

По результатам исследования, проведенных на кафедре ДВС НТУ «ХПИ», совместно с ООО «Турбо - Веста» разработан способ регулирования радиально – осевых лопаточных машин с безлопаточным направляющим аппаратом. Способ основан на изменении площади проходного сечения конца разгонного участка БНА с помощью профилированного элемента, расположенного во впускной части улитки такой машины. В результате была разработана конструкция опытного образца регулируемого ТКР. Регулируемый ТКР создан на базе серийного ТКР 7 ТВ-03. Проведены испытания опытного образца регулируемого ТКР с БНА, на дизеле 4 ЧН 12/14 (СМД-23) при его работе по внешней скоростной характеристике. Регулирование производилось в зоне частот вращения вала от 1800 и ниже. Из результатов видно, что помимо улучшения показателей экономичности, регулирование позволило увеличить коэффициент приспособляемости двигателя на 9,7 % (с 674 Нм до 747,2 Нм).

Результаты показали, что основные показатели дизеля с опытным образцом регулируемого ТКР значительно лучше, чем при использовании серийного турбокомпрессора. Это достигается за счет того, что регулирование позволяет достигать больших  $\alpha$  в диапазоне высоких нагрузок и низких частот вращения коленчатого вала, а, следовательно, и улучшать экономичность двигателя на этих режимах. При этом дизель с регулируемым ТКР выполняет нормы по дымности, предусмотренные Правилами ЕЭК ООН №24.



**Д.В. ВИДЛОГА, И.Н. КАРЯГИН**, старший преподаватель.

### **Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели двигателя**

Истощение нефтяных месторождений и продолжающийся рост цен на нефть и нефтепродукты делают неизбежным все более широкое использование в двигателях внутреннего сгорания биотоплив на основе растительных масел. При этом наиболее перспективными являются подсолнечные, хлопчатобумажные, соевые, льняные, пальмовые, арахисовые, рапсовые и другие масла. Перевод дизелей на биотоплива позволит не только обеспечить замещение топлив нефтяного происхождения топливами, производимыми из возобновляемых сырьевых ресурсов, но и заметно снизить токсичность отработавших газов (ОГ) и улучшить экологическую ситуацию в крупных городах и населенных пунктах сельской местности [1–3].

Поэтому актуальной задачей является улучшение экологических и экономических показателей двигателя при использовании метилового эфира рапсового масла (МЭРМ).

По результатам исследования, проведенным на кафедре ДВС НТУ «ХПИ» видно что метиловый эфир рапсового масла может использоваться на двигателях, как в чистом виде так и в смеси с дизтопливом без изменений в конструкции дизеля. Смешанное топливо не оказывает влияние на эффективный КПД дизеля, но удельный эффективный расход топлива при увеличении процента МЭРМ в топливной смеси растет. Также следует отметить, что максимальный  $\eta_e$  достигается при работе на чистом МЭРМ при угле опережения впрыскивания топлива приблизительно на  $1^\circ$  г. к.в. меньше, чем при работе на ДТ.

Во время экспериментальных стендовых испытаний измерялось содержание в отработавших газах таких компонентов: оксид азота, монооксид углерода и несгоревших углеводородов. Результаты показали, что повышение содержания биотоплива в смеси приводит к увеличению концентрации оксида азота в отработавших газах. При использовании чистого биотоплива концентрации оксида азота в ОГ увеличивается на 26...32%. Также, увеличение концентрации МЭРМ приводит к незначительному уменьшению монооксида углерода СО и не сгоревших углеводородов, дымности ОГ дизеля.

#### **Список литературы:**

1. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов, А.В. Шахов, В.В. Багров. М.: ООО НИЦ «Инженер», 2011. 536 с.
2. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. 311 с.
3. Савельев Г.С. Применение газомоторного и биодизельного топлива в автотракторной технике. М.: ГНУ «ВИМ Россельхозакадемии», 2009. 216 с.

**О.І. ГАЙДАР, А.О. ПРОХОРЕНКО**, докт. техн. наук

### **Оптимізація конструкції глушника шуму випуску тракторного дизеля**

Найбільш часто для зменшення шуму випуску відпрацьованих газів тракторних дизелів застосовуються глушники комбінованого, дисипативно-реактивного типу, що містять у своєму складі абсорбційну частину у вигляді перфорованої труби в трубі, заповненою звукопоглинальним матеріалом, і реактивну частину, як правило резонансну[1]. У свою чергу резонансні глушники бувають двох типів: резонатори Гельмгольца і чвертьхвильові резонатори. З них менш ефективними, але більш компактними є чвертьхвильові резонатори. А для створення більш досконалої системи заглушення використовують кілька чвертьхвильових елементів різної довжини або комбінацію камерного і чвертьхвильових елементів[2].

Виходячи з даних передумов, запропоновано внести в конструкцію базового глушника трактора зміни, виражені в подовженні виступаючих кінців труб в камеру розширення з стінки, що відокремлює дисипативну частину від реактивної. При цьому враховано, що в чвертьхвильовому резонаторі ефективному заглушенню піддаються тільки непарні звукові гармоніки відповідно із залежністю  $f_n = (2n + 1)c/(4l_p)$ , де  $n$  - номер гармоніки,  $c$  - швидкість звуку,  $l_p$  - довжина каналу резонатора. Тоді необхідне значення  $l_p$  можна визначити з необхідною частоти заглушення  $f_n$ . Наприклад, виступ кінців труб на 125 мм забезпечить ефективне заглушення звуку на низькій частоті 1920 Гц, 3200 Гц, 4480 Гц і т.д. Аналогічні акустичні елементи, але налаштовані на інші частоти, можна організувати безпосередньо в абсорбційній камері шляхом усунення перфорації на ділянках труб, що примикають до стінок.

За результатами проведених розрахунково-конструкторських робіт можна зробити висновок, що запропонована конструкція глушника дозволяє забезпечити необхідні габаритні розміри агрегату при поліпшенні параметрів його акустичної ефективності та аеродинамічного опору.

Результати акустичного та аеродинамічного розрахунку показали, що новаційний глушник забезпечує більше зниження рівня звуку (як в октавних смугах  $\Delta L_{qi}$  до 9-10 дБА, так і за загальним рівнем звуку  $\Delta L_a = 6$  дБА) в порівнянні з базовою конструкцією та забезпечує менше на 70 мм вод. ст. гідравлічний опір газовому потоку.

Результати досліджень передані до використання при проектуванні і виробництві глушника трактора на підприємство АТ «ХТЗ» (м. Харків).

#### **Список літератури:**

1. Технічна акустика транспортних машин: Довідник / За ред. Н.І. Іванова. - СПб.: Політехніка, 1992. - 365 с.
2. Іванов М.І. Інженерна акустика. Теорія і практика боротьби з шумом: підручник / Н.І. Іванов. - М.: Університетська книга, Логос, 2008. - 424 с.

**А.С. ГНИТЕЦКИЙ, А.Д. АРТЮШЕНКО**, докт. техн. наук, профессор

### **Исследование влияния характеристики амортизатора на плавность движения автомобиля**

Увеличение скоростей движения современных автомобилей ограничивается в настоящее время не только мощностными характеристиками двигателя и типом трансмиссии, но, прежде всего, плавностью хода, устойчивостью и управляемостью, эффективностью торможения. Это все обеспечивает подвеска автомобиля [1].

Подвеской автомобиля называют совокупность устройств, связывающих колеса с рамой (кузовом) и предназначенных для уменьшения динамических нагрузок, передающихся автомобилю вследствие неровной поверхности дороги, а также обеспечивающих передачу всех видов сил и моментов, действующих между колесом и рамой (кузовом). Подвеска состоит из направляющего, упругого и демпфирующего устройств (амортизаторы) [2].

Можно считать, что на дорогах с неровной поверхностью снижается производительность автомобиля вследствие уменьшения скоростей движения и увеличения простоев, возрастают расходы на техническое обслуживание и ремонт. Также, по мимо всех технических показателей, необходимо учитывать влияние колебаний на человека, при езде на автомобиле, это приводит к утомлению, прежде всего психофизиологическим, что не мало важно влияет на безопасность движения. Кроме этих прямых потерь есть и косвенные, вызванные, в частности, слабым использованием сети дорог с неровной поверхностью.

Есть два пути уменьшения этих потерь: строительство дорог с усовершенствованным покрытием и улучшением качества подвески. Оба направления дополняют друг друга, так как строительство дорог – процесс длительный и дорогостоящий. Кроме того, всегда требуется некоторое количество автомобилей повышенной и высокой проходимости, которым необходима совершенная подвеска [3].

При проектировании подвески современного автомобиля должен быть решен целый комплекс вопросов. Критериями правильности их решения – критериями конструктивного совершенства подвески является: требуемая плавность хода, устойчивость движения, управляемость автомобиля, а также высокая долговечность всех деталей подвески, ходовой части и пневматических шин.

Подвеска с жесткими амортизаторами (далее – жесткая подвеска) обеспечивает хорошую устойчивость транспортного средства, однако, в большей степени передает неровности дороги на пассажиров и снижает уровень их комфорта. Напротив, подвеска с мягкими амортизаторами (мягкая подвеска) позволяет получить более комфортную езду, но снижает управляемость транспортного средства. Поэтому каждая конкретная конструкция подвески –

это результат компромисса между управляемостью и комфортом. Традиционная подвеска транспортного средства содержит нерегулируемые амортизаторы с постоянным коэффициентом демпфирования.

Для улучшения параметров было предложено использовать активную подвеску, в которой специальный привод создает усилие, противоположное по знаку и равное по величине вибрационным нагрузкам. Такая система для своей работы требует больших затрат энергии и в большинстве случаев непрактична. Кроме того, если в системе активной подвески возникнет неисправность, имеется вероятность, что транспортное средство останется без демпфирующего устройства и потеряет устойчивость на дороге.

Более практичной подвеской, по сравнению с активной, является полуактивная подвеска. В полуактивной подвеске, в отличие от активной, вместо генератора силы, используется амортизатор, но он не является пассивным, а позволяет изменять коэффициент демпфирования при приложении управляющего воздействия. Полу активная подвеска обладает близкими к активной подвеске характеристиками, при этом расходуется значительно меньше энергии. Кроме того, полуактивная подвеска сохраняет некоторые демпфирующие свойства в случае исчезновения питания, что делает ее более безопасной по сравнению с активной подвеской.

Эффективность полуактивной подвески в значительной степени определяется системой управления, работающей по заданному алгоритму. На рис. 1 показаны возможные траектории прохождения одного и того же маневра, при различных видах подвески:

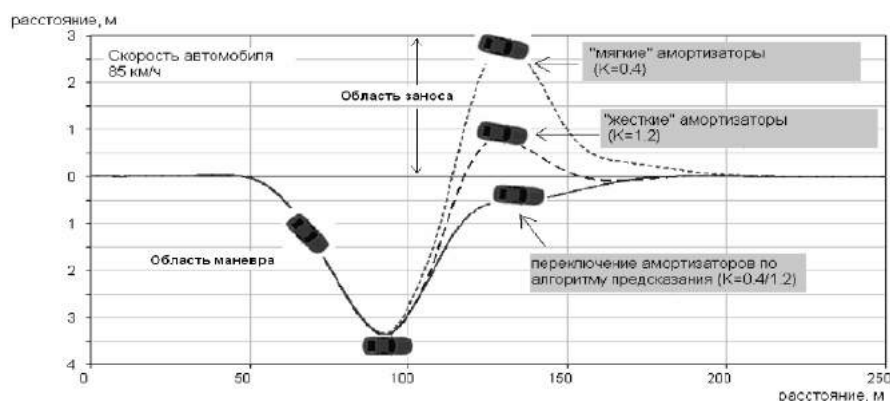


Рис. 1 – Выполнение маневра «переставка»

В процессе исследования была сформулирована проблема компромисса при проектировании подвески автомобиля и приведен обзор методов ее решения.

#### Список литературы:

1. ОСТ 37.001.277 – 84. Подвеска автотранспортных средств. Термины и определения. - Введ. с 01.01.85. М., НАМИ, 1984.
2. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. – М.: Машиностроение, 1972.
3. Дербаремдикер А. Д. Гидравлические амортизаторы автомобилей. – М.: Машиностроение, 1969.

**Д.К. ГОЛОВАНЬ, В.М. КРАСНОКУТСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доцент

### **Інженерно-психологічна експертиза дорожньо-транспортної події**

Інженерно-психологічна експертиза об'єктом вивчення має психологію особи в системах "людина - машина", тобто при виконанні професійних обов'язків, пов'язаних із використанням автомобілів. Така експертиза може проводитися у справах щодо дорожньо-транспортних пригод, аварій на автомобільному транспорті [1].

При проведенні інженерно-психологічної експертизи з'ясовуються такі питання: наявність чи відсутність психологічних властивостей, що свідчили б про професійну придатність особи до виконання конкретних професійних обов'язків; її здатність діяти у стресовій, аварійній ситуації психологічні аспекти дорожньо-транспортної пригоди, а саме: своєчасність реакції звинувачуваних на небезпеку чи сигнал тривоги, час і особливості прийняття рішення в екстремальній ситуації;; специфічність реагування на подразники у різні періоди робочого дня; вплив на виконання професійних обов'язків перенесених хвороб, перевтоми, зловживання спиртними напоями, вживання наркотиків.

Розглядаються нові напрямки проведення комплексних судово-медичних і автотехнічних експертиз за допомогою інженерно-психологічної експертизи дорожньо-транспортних подій (ДТП). Проведені дослідження по кримінальних справах відносно конкретних ДТП за 2008-2013 р.р., у яких для пояснення особливостей поведінки дійових осіб (учасників дорожнього руху, а також свідків) були потрібні спеціальні психологічні знання і уміння. Розслідування справ по ДТП часто пов'язане з певними труднощами. Це обумовлено як специфікою самих подій, так і не завжди якісним підходом в їх розслідуванні. Інженерно-психологічна експертиза дозволяє вирішувати ряд основних задач: Дати оцінку достовірності показань свідків по ДТП. Виявити по матеріалах кримінальної справи об'єктивні умови і суб'єктивні (психологічні) фактори, що сприяють виникненню ДТП . Оцінити вплив часу реакції водія, пішохода, (що складається з сенсорної і моторної реакції) на причинний зв'язок ДТП і ступені винності учасників дорожнього руху даної події. Інформація буде корисною не лише для слідчих, що спеціалізуються на розслідуванні ДТП, що мають відношення до проблем організації безпеки дорожнього руху, але і представляє певний інтерес для викладачів, що викладають навчальні дисципліни, пов'язані з організацією експлуатації транспортних засобів різного призначення [2].

#### **Список літератури:**

1. *Суходольский, Г.В.* Інженерно-психологічна експертиза дорожньо-транспортної події. -2006. –С.28.
2. *Волошин, Г.А.* Аналіз дорожньо- транспортних пригод. -2007. –С.59

**В.І.ЖУРАВЛЬОВ, О.О. ОСЕТРОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Обґрунтування способу регулювання потужності двигуна, що працює на бензо-водневих сумішах**

Зменшення природних запасів традиційних палив, збільшення цін на нафту і погіршення екології навколишнього середовища обумовлюють необхідність пошуку альтернативних джерел енергії.

Одним з перспективних альтернативних палив для двигунів внутрішнього згоряння є водень [1–3]. Водень має майже необмежену сировинну базу для його виготовлення, володіє гарними моторними властивостями, зокрема високою масовою теплотою згоряння, низькою енергією запалювання, має широкі межі запалювання і згоряння. Останні властивості водню дозволяють організувати якісне регулювання потужності двигунів з іскровим запалюванням, що покращує їх показники на режимах низьких і середніх навантажень.

Безпосереднє використання водню в ДВЗ при зовнішньому сумішоутворенні є проблематичним, оскільки призводить до суттєвого зменшення потужності двигуна [1–3]. Проте перспективним напрямком є додавання водню до бензо-повітряних сумішей на режимах малих і середніх навантажень для забезпечення якісного регулювання потужності.

На цей час існує дві стратегії регулювання потужності двигунів, що працюють на бензо-водневих сумішах: якісне і змішане якісно-кількісне регулювання потужності. В роботі поставлено задачу обґрунтування способу регулювання потужності двигуна ВАЗ-2103, що обладнаний системами впорскування бензину та водню.

В роботі обґрунтовано схему системи живлення автомобільного двигуна сумішами бензину та водню, проаналізовано теплофізичні властивості бензо-водневих сумішей та їх продуктів згоряння, розроблено математичні моделі робочих процесів двигуна ВАЗ-2103, що працює на багатокомпонентній паливній суміші, обґрунтовано спосіб регулювання потужності двигуна.

Розрахунки показали, що індикаторний ККД дослідного двигуна при використанні бензо-водневих сумішей збільшується до 4% по навантажувальній характеристиці. Найкращим способом регулювання потужності дослідного двигуна є якісне регулювання.

#### **Список літератури:**

1. Генкин К. И. Газовые двигатели. - М.: «Машиностроение», 1977.- 196с.
2. Мищенко А. И. Применение водорода для автомобильных двигателей.- Киев,: «Наукова думка», 1984.- 141с.
3. Кузьменко А.П. Улучшение показателей малолитражного газового двигателя с искровым зажиганием за счет выбора параметров, которые определяют процесс сгорания: Дис. Кузьменко А.П. канд.техн.наук. – Харків, 2012. – 197с.

**А.А. ИВАХНЕНКО, Б.Г. ЛЮБАРСКИЙ**, канд. техн. наук, доцент

### Выбор рациональных параметров системы наклона кузова для скоростного подвижного состава

Параметр, определяющий рабочие свойства вспомогательной системы наклона кузова, является расход энергии на работу тягового привода, а в качестве свойства принят угол наклона кузова так, как от его величины в первую очередь определяет расход энергии на наклон кузова.

Мнемоническая схема механизма наклона кузова приведена на рис. 1. Сигналы, получаемые от блока датчиков БД, а именно скорость движения  $V_v$ , текущее значение радиуса кривой  $r$ , возвышение наружного рельса  $h_e$ , а также текущий угол наклона кузова  $\theta$  и скорость его изменения  $V_\theta$ , подаются на блок управления БУ, формирующего на их основе сигналы управления  $uV_{\theta 1,2}$  и  $u\theta_{1,2}$  силовыми ключами полупроводниковых преобразователей ПП<sub>1</sub> и ПП<sub>2</sub>. Нагрузкой преобразователей, являются линейные двигатели ЛД<sub>1</sub> и ЛД<sub>2</sub>, служащие силовым приводом механизма наклона кузова. Питание системы осуществляется от энергоблока ЭБ.

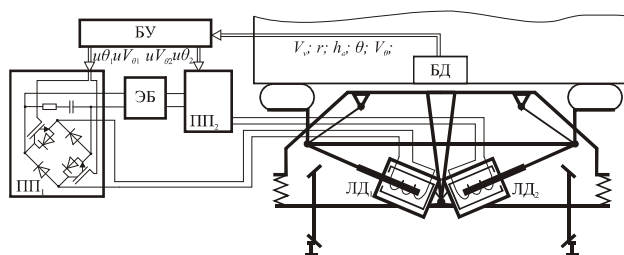


Рис.1 – Схема механизма наклона кузова

Для определения рабочих свойств составлена имитационная модель механизма наклона кузов (рис.2). Для моделирования механической части применены модули и компоненты SimMechanics, моделирование электромагнита произведено с использованием компонентов SimPowerSystem. Система управления и связи между механической и электрической частями осуществляются с помощью S-модулей стандартных библиотек Simulink

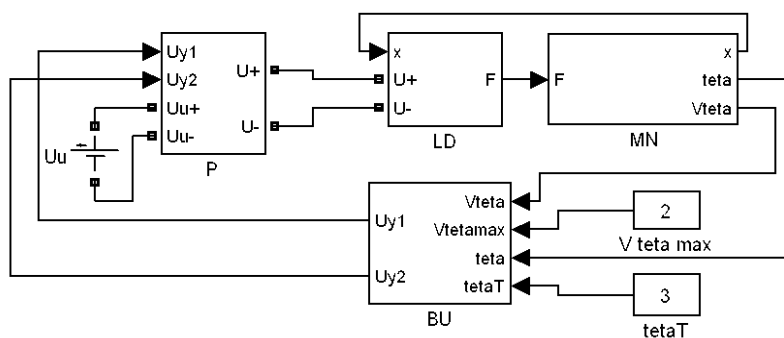


Рис.2 – Блок-схема имитационной модели механизма наклона кузова

С использованием имитационной модели, проведено цифровое моделирование наклона кузова электропоезда при угле  $\theta=0,5..7^\circ$  при заданной максимальной скорости наклона  $2^\circ/\text{с}$ . При моделировании определяется расход энергии на наклон кузова в зависимости от угла наклона.

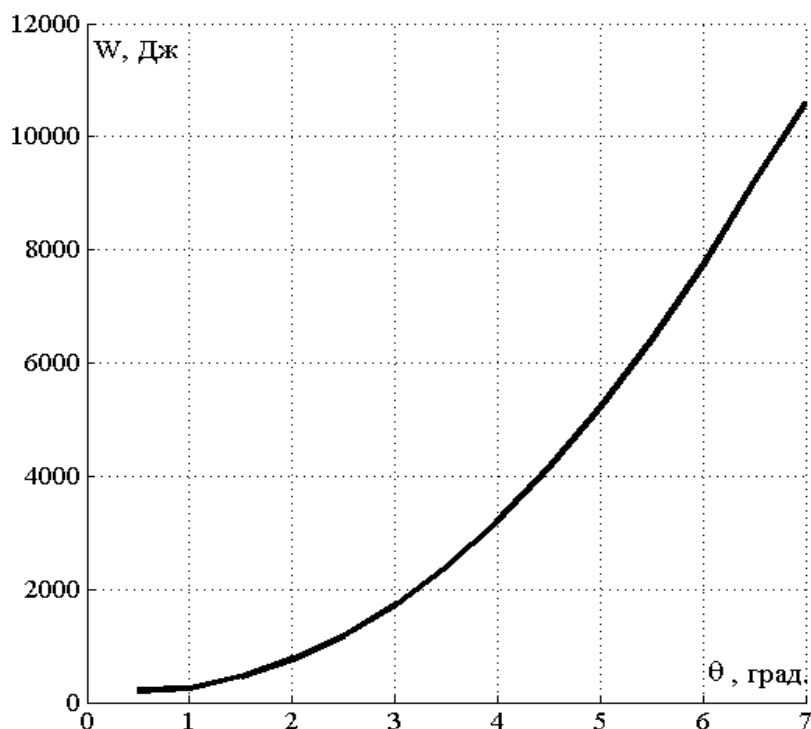


Рис. 3. – Расход энергии для наклона кузова

Как видно из выражения рис.3 расход энергии экспоненциально возрастает с ростом величины угла наклона кузова, поэтому рационально использования этого привода на малых углах наклона.

Идентификация рабочих свойств вспомогательных устройств проведена на примере привода наклона кузова электропоезда. Параметр, определяющий рабочие свойства вспомогательной системы наклона кузова, является расход энергии на работу тягового привода, а в качестве свойства принят угол наклона кузова так, как от его величины в первую очередь определяет расход энергии на наклон кузова. Разработана имитационная модель привода в среде MATLAB SIMULINK, особенностью которой является применение для моделирования механической части привода модулей `simpowersystem`. Это позволило значительно упростить процесс моделирования 7-ми массовой системы. Установлена зависимость расхода энергии от угла наклона кузова.

#### Список литературы:

1. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink. ИД Питер. 1-е издание, 2007. – 288 с.



**Н.А. ИЛЬИН, Е.С. РЯБОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **К вопросу создания маневровых электровозов**

Маневровая работа – важная составная часть всего перевозочного процесса. Большая часть средств, затрачиваемых на перевозки, расходуется на именно выполнение маневровой работы [1]. В настоящее время значительную часть парка маневровых локомотивов украинских железных дорог составляют маневровые тепловозы ЧМЭЗ, спроектированные и изготовленные в 60-70х годах прошлого века. Естественно, они уже более не соответствуют современным требованиям. Стоимость их ремонта растет недопустимо быстро. По данным железной дороги большая часть устаревшего тягового подвижного состава требует на 40-60% больше расходов на ремонты, они более энергоемкие и вредные для окружающей среды. Единственным выходом является не ремонт морально и физически устаревших локомотивов, а строительство новых.

Одним из направлений указанных работ является создание специализированного маневрового электровоза. Такой подход использован компанией Stadler, разработавшей и изготовившей маневровый электровоз Ее 922 [2]. Отечественные предприятия проводили работы в этой области еще в 60х годах прошлого века, однако такие электровозы не получили широкого распространения на железных дорогах вследствие ограниченных технических возможностей, использованных при их создании. В настоящее время успехи в силовой полупроводниковой технике сняли проблемы с преобразованием электрической энергии и приведения ее параметров к виду, необходимому для эффективного управления бесколлекторными тяговыми двигателями.

Основным преимуществом маневрового электровоза является то, что он не требует больших затрат на техническое обслуживание и текущее содержание, в рамках которого работы выполняются с большими интервалами. Этим обеспечивается высокая эксплуатационная готовность и безотказность в работе. Вторым положительным моментом является низкое воздействие на окружающую среду, в частности, практическое отсутствие шума. При необходимости, маневровый электровоз может быть укомплектован дизель-генераторной установкой или накопителем энергии, что позволит выполнять движение и на неэлектрифицированных участках пути.

#### **Список литературы:**

1. Руководство по техническому нормированию маневровой работы. Издание пятое. Переработанное и дополненное. Москва. Транспорт, 1978
2. Маневровый электровоз Ее 922 для SBB. Железные дороги мира – 2009, №12.- с. 44-46.

**М.О. ЙОХА, В.Б. САМОРОДОВ**, докт. техн. наук, професор

### **Підвищення техніко-економічних показників автомобіля шляхом оптимізації параметрів конструкції**

Незважаючи на високу розробленість методів забезпечення якості сучасних автомобілів на стадії розробки, найбільш ефективним серед них є оптимізація вже існуючих технічних рішень.

Як до проектування так і до оптимізації вузлів та агрегатів часто підходять з суто технічної сторони. Але будь-яка машина повинна не лише виконувати технологічні функції (перевезення пасажирів або вантажу), але й приносити максимальний прибуток при мінімальних витратах в певних умовах експлуатації [1]. Розсудливий споживач завжди віддаватиме перевагу більш конкурентоспроможній моделі. В першу чергу це стосується комерційних автомобілів.

Конкурентоспроможність виробу – це оцінена споживачами його перевага по ціні та якості перед аналогами в даний момент часу, в даному сегменті ринку.

Важливо правильно співвіднести техніко-економічні показники умовам експлуатації, тому критерії оптимізації повинні бути прийняті з точки зору споживача. Практично вся сукупність технічних параметрів впливає на економічність, котра як інтегральний показник має найважливіше значення для споживача.

Особливістю оптимізації вантажних автомобілів є те, що всі їх техніко-економічні показники певним чином пов'язані з вантажопідйомністю, котра в свою чергу може обмежуватись законодавством, нормативами на осьові навантаження або ж максимальним навантаженням на шини.

Часто параметри, що підлягають оптимізації мають дискретні значення. Адже в сучасному автомобілебудуванні найважливіші вузли та агрегати не проектується для кожної нової моделі окремо, а вибираються з ряду тих, що використовуються на вже випускаваних моделях (двигун, коробка передач, зчеплення і т.д.). При цьому агрегатам пред'являються специфічні вимоги [2].

Оптимізації можна піддати будь-який елемент конструкції. Наприклад, покращення аеродинамічних показників кузова, використання легких матеріалів в його частинах, зміна його геометричних показників; використання шин зі зниженим опором кочення, зміна параметрів та елементів підвіски, зміна передоточних відношень в коробці передач. Однак особливої уваги заслуговує

оптимізація параметрів двигуна. Адже саме від нього напряму залежить паливна економічність та потужність автомобіля в цілому.

Яскравим прикладом є чіп-тюнінг. Це налаштування роботи електронних контролерів шляхом корекції внутрішніх виконавчих програм. Цей метод дає можливість суттєво покращити характеристики двигуна не вкладаючи в процес значних коштів. На рис. 1 зображено використання чіп-тюнінгу на автомобілі Ford Mondeo.

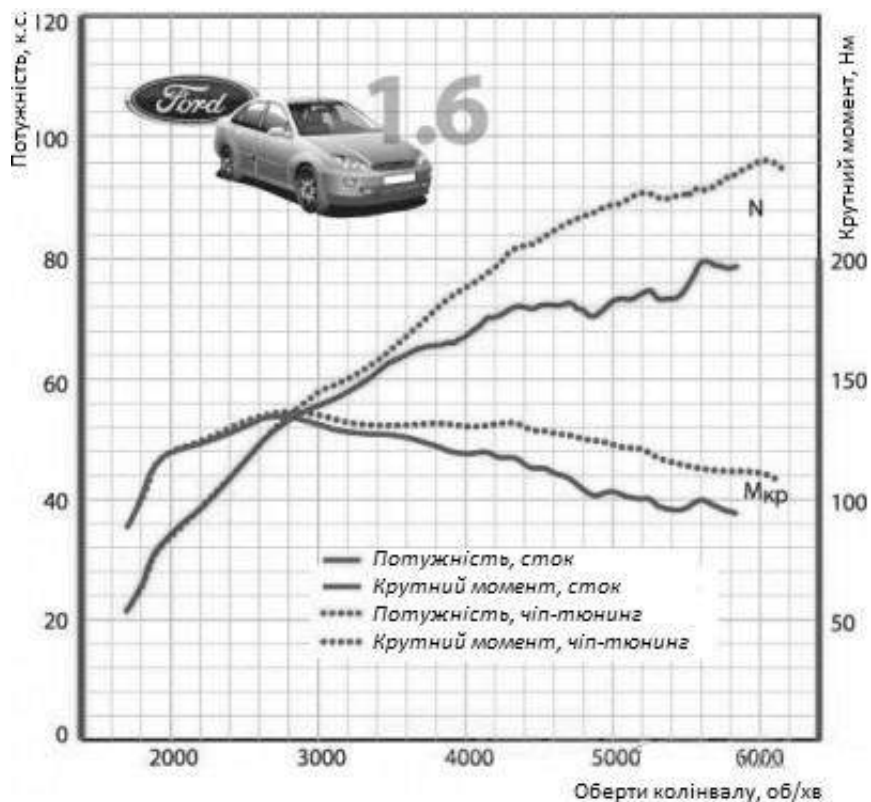


Рис. 1 – Зміна характеристик двигуна автомобіля Ford Mondeo після проведення чіп-тюнінгу.

При проведенні оптимізації параметрів автомобіля необхідно враховувати безліч факторів, як конструктивних, так і зовнішніх. Важливо враховувати і те, що виробники використовують для нових моделей вже існуючі агрегати.

Інколи оптимізація параметрів автомобіля не потребує значних впливань коштів, або ж конструктивних змін.

### Список літератури:

1. Фасхиев Х.А., Костин И.М. Обеспечение конкурентоспособности грузовых автомобилей на этапе разработки. Набережные Челны: Изд-во Кам-ПИ, 2001. 349 с.
2. Ипатов М.И. Техничко-экономический анализ проектируемых автомобилей. М.: Машиностроение, 1982. 272 с.

**А.А. ИСАЕВ, Д.В. МЕШКОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Разработка высокоскоростной системы обмена данными бензинового двигателя отечественного автомобиля**

За последние годы автомобильная электроника совершила существенный скачок вперед. И произошло это вовсе не по вине автопроизводителей, а благодаря растущим потребностям покупателей в комфорте и законодательным требованиям к безопасности и охране окружающей среды. Число электронных блоков в автомобиле непрерывно возрастает, при этом заменяя множество традиционных механических и гидравлических блоков и добавляя новые функции к современному транспортному средству. По исследованиям экспертов, темп роста автомобильных полупроводников за последние 10 лет составлял 12% в год, в то время как мировой рынок полупроводниковых компонентов за это время вырос на 5%. До 2015 года прогнозируется увеличение роста автомобильных полупроводников на 13,34%. Одним из ключевых факторов для такого роста являются различные инициативы, предпринятые Европейским Союзом, чтобы увеличить безопасность пассажиров. Автомобильная промышленность стала за последнее время основным и самым крупным потребителем микроконтроллеров [1]. Кроме того, также увеличивается количество контактных разъемов, разветвлений, предохранителей и т.п. Эта проблема более ярко проявляется в отечественных автомобилях, где степень внедрения электроники еще достаточно низка. В последствии, это приводит не только к существенным экономическим затратам на провода, но и порождает множество проблем, которые связаны с габаритными размерами, проектированием, массой, производством, монтажом и ремонтом. Помимо этого, ограниченный уровень обмена данными между блоками управления не дает возможность организации эффективной централизованной диагностики автомобиля. Наблюдается непрерывный рост потребления автомобилей год за годом. Однако наращивалось производство только зарубежных моделей, а вытеснение отечественных автомобилей с рынка приобрело катастрофические масштабы. По мнению экспертов, будет сохраняться такая тенденция снижения производства отечественных автомобилей в последующие годы. Это объясняется в первую очередь низкими эксплуатационными свойствами отечественных автомобилей, которые не удовлетворяют сегодняшним возрастающим потребительским требованиям. Поэтому из-за растущих потребностей покупателей в комфорте, государственными требованиями к безопасности, увеличение потребителей электроэнергии постепенно появляется необходимость внедрения высокоскоростной системы управления мультиплексного типа у отечественных автомобилей.

Шинные системы автомобиля образуют сеть для соединения различных систем и электронных компонентов. Однако в связи с разными разработками производителей, а также разными требованиями к обмену данными в

электронных подсистемах автомобиля, были разработаны разные шинные системы. Отличие требований к шине заключается в объеме передаваемой информации, в скорости передачи, соблюдении приоритетов данных или блоков управления и в мерах, которые должны приниматься для защищенности данных и обнаружения неисправностей. Максимальные требования при этом предъявляются шинной системе между блоками управления трансмиссией и электронными системами безопасности, минимальные - электронике кузова и систем комфорта[2].

Шинная топология управления автомобиля изображена на рисунке 1. Центральным элементом всей шинной архитектуры является блок управления, выступающий диагностическим межсетевым интерфейсом, связывающий все шинные системы и управляющий обменом данными.

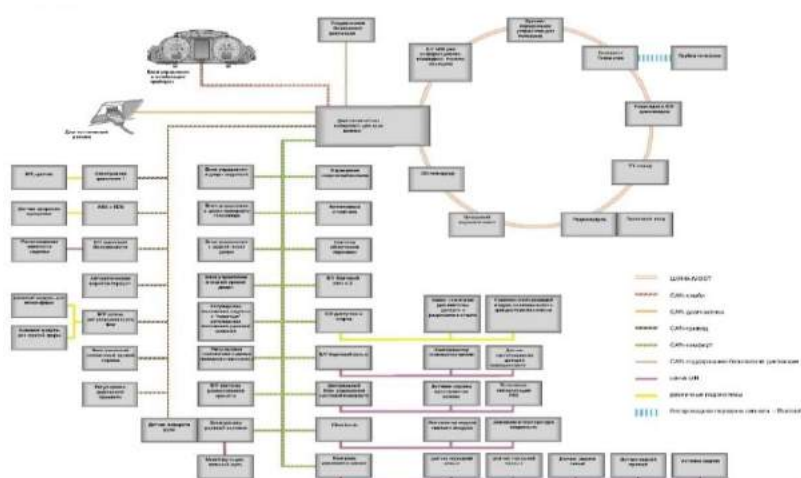


Рис. 1 – Шинная топология

Основной шиной является шина данных CAN-привод. CAN-привод - высокоскоростная шина, которая соединяет блоки управления двигателя, трансмиссии и тормозов. Кроме того, к этой шине подсоединены блок управления полным приводом, сигналы рычага переключения передач, электрический усилитель рулевого привода и др. CAN-комфорт - низкоскоростная шина, соединяющая в сеть все системы кузова и комфорта, и с подсистемами через шину LIN. Для обеспечения работы телематических систем используется высокоскоростная оптическая шина MOST. Система адаптивного поддержания безопасной дистанции, также как и приборы, напрямую соединена с центральным межсетевым интерфейсом через высокоскоростную шину CAN-комби. Диагностический разъем, который подсоединен к сети через высокоскоростную шину CAN-диагностика значительно сокращает время передачи данных при проведении диагностики и программировании.

#### Список литературы:

1. Режим доступа к статье: <http://www.industryreview.com/Report.aspx?ID=Automotive-ECU-Market-in-Europe-2011-2015>.
2. Ульрих Шумахер. Полупроводниковая электроника. Техническая информация, технологии и характеристики. – 2004 г. – С. 588.

**А.О. КАРТАМИШЕВ, Д.І. ЯКУНІН** канд. техн. наук, доцент

### **Моделювання та розробка концептуального проекту механізму нахилу кузова швидкісного дизель-поїзда**

Підвищити якість обслуговування пасажирів на залізницях шляхом скорочення часу перебування у дорозі можна або збільшивши конструктивну швидкість рухомого складу, або скоротивши обмеження швидкості у кривих ділянках рейкової колії, для чого доцільно упровадити системи нахилу кузовів.

Ефективність застосування технології нахилу кузовів для швидкісного пасажирського руху підтверджується успішною експлуатацією в 15 країнах світу більш 60 типів потягів. У якості силового приводу для нахилу кузовів використовують гідравлічні, пневматичні та електромеханічні системи, яким властива низка недоліків. Усунути їх можливо шляхом використання приводу на базі лінійного електродвигуна. Таким чином робота, що спрямована на дослідження електромеханічних систем, які забезпечують безпосередній привод механізму нахилу кузовів швидкісного рухомого складу, є актуальною.

Функціональна схема механізму, що розглядається, приведена на рис 1.

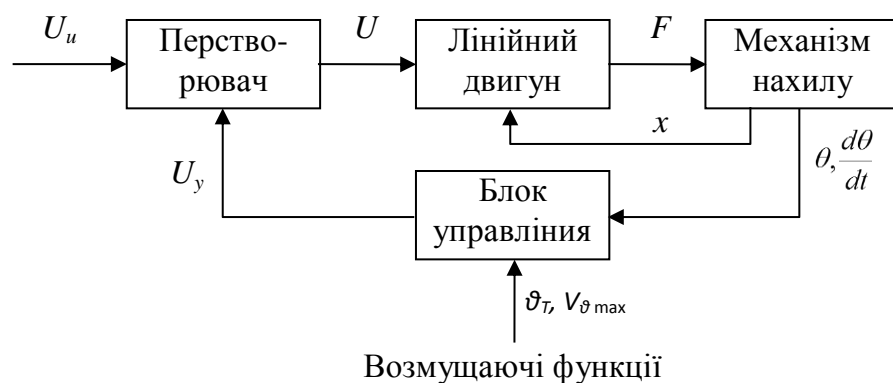


Рис. 1 – Функціональна схема механізму нахилу кузовів

В якості необхідного кута нахилу в запропонованій моделі використовувалися як константи, так і функції, що імітують проходження поїздом кривої заданого радіусу.

Визначення параметрів лінійного двигуна відбувається за результатами розрахунку магнітного поля методом кінцевих елементів, апроксимованих поліномами Чебишева на безлічі рівновіддалених крапок.

Адекватність моделей підтверджено фізичним моделюванням їх ланок.

Оскільки тягова характеристика лінійного двигуна не цілком відповідає характеристиці навантаження механізму нахилу, для зменшення цієї невідповідності пропонується змінити конструкцію як якоря, так і проставки статора лінійного двигуна.

Досліджені чотири конструкції лінійного двигуна. У розрахунку набуто

значення МДС в обмотці 200000 А·в. Проміжок між якорем і проставкою статора варіювався в діапазоні 0 - 100 мм з кроком 10 мм.

У першому випадку досліджена конструкція лінійного двигуна, прийнята за базову. У другому випадку розглянутий лінійний двигун з сегментним якорем. У третьому випадку розглянутий лінійний двигун з конічною проставкою статора. У четвертому випадку розглянутий лінійний двигун з конічною закінцівкою якоря. Шляхом моделювання магнітного поля кожного з двигунів в FEMM з подальшим інтегруванням, отримані тягові характеристики досліджуваних конструкцій, які наведено на рис.2, де приведена також характеристика навантаження механізму нахилу кузова. Очевидно, що їй найбільш відповідає тягова характеристика 4 - лінійного двигуна з конічною закінцівкою якоря.

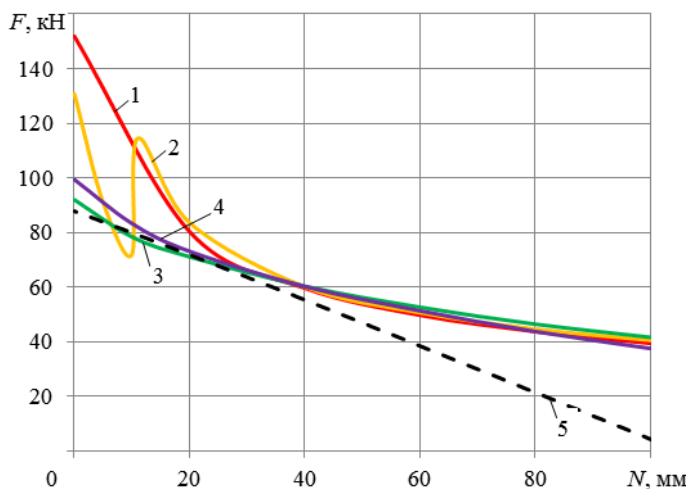


Рис. 2 – Результати моделювання лінійних двигунів:

1...4 – тягові характеристики лінійних двигунів, 5 - характеристика навантаження.  $F$  - сила,  $N$  - проміжок між якорем і проставкою статора.

Зміна форми закінцівки якоря і проставки найбільший вплив чинить в області малих значень проміжку  $N$ . Сегментний якорь не може бути застосований, оскільки його тягова характеристика 2 має локальний мінімум, що лежить нижче характеристики навантаження.

При аналогічному виконанні, двигун з конічною проставкою статора має дещо гірші тягові показники в порівнянні з двигуном з конічною закінцівкою якоря (тягові характеристики 3 і 4 - відповідно).

Таким чином, для полегшення режиму роботи інвертора, рекомендується виконувати лінійний двигун з конічною формою закінцівки якоря.

#### Список літератури:

1. Корниенко В.В., Омеляненко В.И. Высокоскоростной электрический транспорт. Мировой опыт. – Харьков, НТУ «ХПИ», 2007. – 159 с. 2. Влияние параметров исполнительного механизма на показатели работы линейного двигателя в системе привода наклона вагонов скоростных поездов / В.И. Омеляненко, Б.Г. Любарський, Д.І. Якунін // Електротехніка і електромеханіка. – Харків: НТУ «ХПИ», 2011. – №4. – С.47-52.

**А.В. КЛИМЕНКО, Б.Г. ЛЮБАРСКИЙ**, канд. техн. наук, доцент

### **Оптимизация режимов работы асинхронного тягового привода мотор-вагонного подвижного состава**

Тяговые приводы на основе асинхронных тяговых двигателей строятся на основе автономных инверторов напряжения и асинхронных тяговых двигателей. Существуют разнообразные схемы включения тяговых двигателей и инверторов. Наибольшее распространение получила схема с групповым (тележечным) включением, при котором к одному инвертору подключены два (иногда три) тяговых двигателя установленных на одной тележки [1].

Параметрами для оценки эффективности тягового привода рационально выбрать следующие компоненты вектора управления коэффициент модуляции ( $K_m$ ) величина которого определяет значение фазного напряжения тягового двигателя, величину скольжения ( $s$ ) ротора и режим работы преобразователя – однопульсный или ПВ ШИМ. Эти величины являются относительными и их удобно использовать для оценки режимов работы приводов различной мощности.

В качестве критерия как сказано выше выбираем КПД привода  $\eta$ . При этом алгоритм решения задачи анализа имеет следующий вид:

Задаемся величинами  $n$ ,  $K_m$ ,  $t_r$  и  $s$ . Для однопульсного режима  $K_m=1,56$

Устанавливаем режим работы преобразователя однопульсный или ПВ ШИМ

Определяем величину фазного напряжения двигателя и частоты питания двигателя.

Определяем основные потери в тяговом двигателе

Определяем коэффициент мощности.

Определяем потери в меди и стали от токов высших гармонических в тяговом двигателе

Определяем действующие значения токов высших гармонических по

Определяем добавочные и механические потери в двигателе

Определяем потери в преобразователе

Определяем активную мощность потребляемую двигателем

Определяем потребляемую приводом мощность

Определяем потери КПД тягового привода и электромагнитный момент

При решении задачи оптимизации на параметры накладываются ограничения в виде неравенств:

$$1,414 \geq K_m \geq 0, \text{ для режима ПВ ШИМ;}$$

$$s_{kr} \geq s \geq 0, \text{ при } M_2 > 0;$$

$$\text{иначе } 0 \geq s \geq -s_{kr},$$

где  $s_{kr}$  - критическое скольжение



$$I_{1\phi} < I_{\max}$$

где  $I_{\max}$  – максимальный допустимый фазный ток ЭМП;

и в виде равенства:

$$M_2 = M_{\text{зад}}$$

Для решения задачи оптимизации использован пакет optlab для MATLAB разработанный в НТУ «ХПИ», который позволяет легко варьировать различными методами решения задач оптимизации. Наилучшие результаты по времени решения поставленной задачи показал метод циклического покоординатного спуска [2].

Оптимальное значение КПД привода представлены на рис.1.

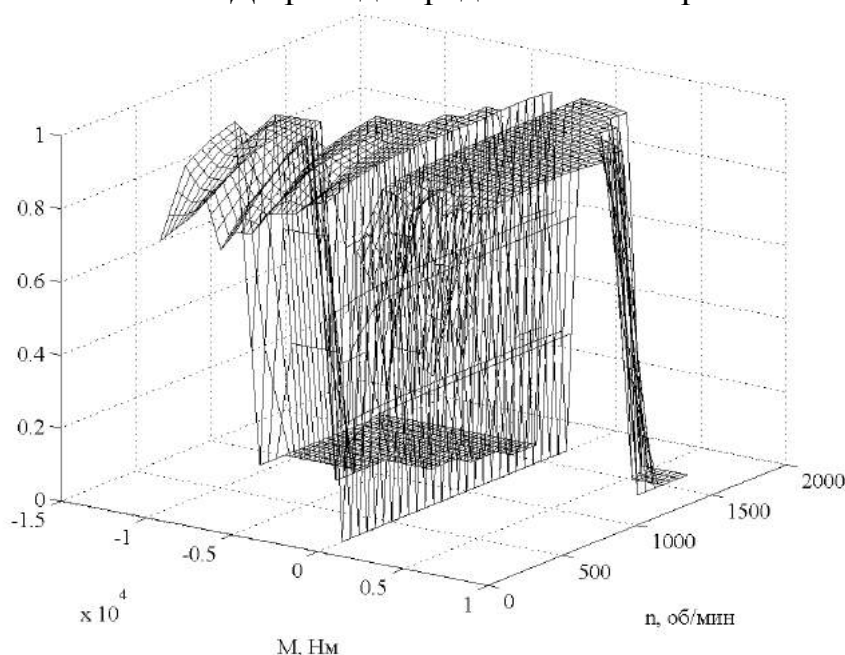


Рис. 1 - Оптимальное значение КПД привода в режиме с ПВ ШИМ

Для тягового привода на основе асинхронного тягового двигателя предложено в качестве компонент вектора управления выбрать: скольжение, коэффициент модуляции и способ регулирования режимами работы двигателя. Определено, что КПД ЭМП в режиме ПВ ШИ выше КПД ЭМП в однопульсном режиме до частоты вращения 400..500 об/мин. Поэтому, для малых скоростей (малых частот вращения АТД) движения при движении ЭПС тяговый привод работает в режиме ПВ ШИМ, а далее переходит в однопульсный режим.

#### Список литературы:

1. Любарский Б.Г. Электродвигатели для перспективного электроподвижного состава / В.И. Омельяненко, Рябов Е. С, А. В Демидов, Т. В. Глебова // Локомотив-информ. – 2008. – №1. – С. 16–19.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование: Пер. с англ / Д. Химмельблау. – М.: Мир, 1975. – 534 с.

**Ю. Н. КЛЮШНИЧЕНКО, В. Т. ДОМАНСКИЙ**, докт. техн. наук,  
профессор

### **Потенциал энергоснабжения железных дорог Украины и инновационные направления развития с его реализацией.**

В статье ставится задача определения для основных технических средств и технологий во всех сферах деятельности железных дорог технически достижимых и экономически оправданных предельных значений показателей, влияющих на энергопотребление (реальный потенциал энергосбережения) см. рис. 1

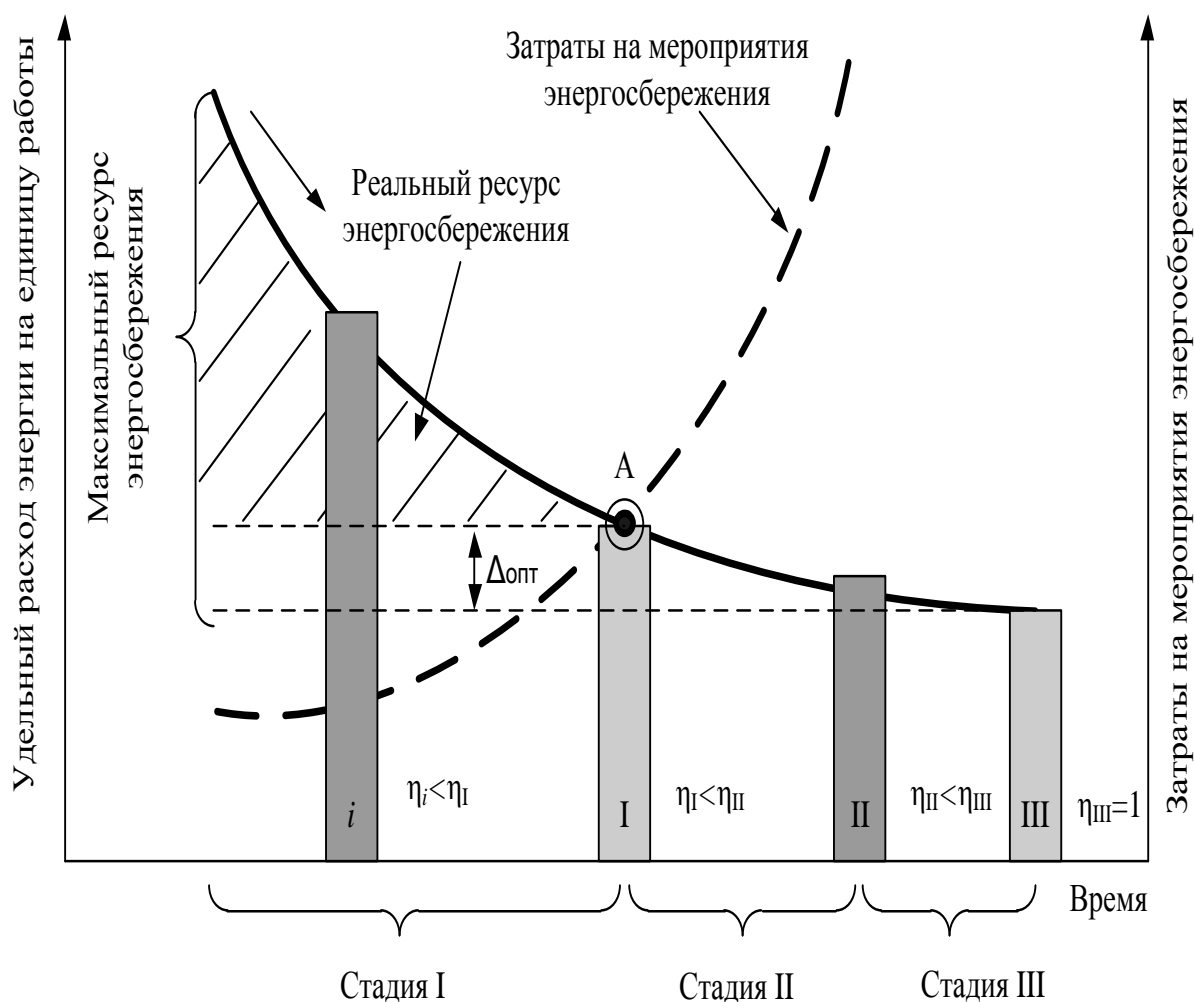


Рис. 1 – Стратегия определения реального потенциала энергоснабжения

Для организации перевозочного процесса — это комплекс показателей эксплуатационной работы, существенно влияющих на энергопотребление (объем перевозок, средняя масса поезда, техническая и участковая скорости, маршрутизация грузопотоков и т.д.):

- для локомотивов — максимальный уровень эксплуатационного КПД, реализация рекуперативного торможения, компенсация реактивной мощности;
- для систем тягового электроснабжения железных дорог - минимальный уровень технологических потерь и перетоков мощности;
- для грузовых вагонов — минимальный уровень коэффициента тары, минимальное сопротивление движению поезда;
- для пассажирских вагонов — минимальный уровень расхода ТЭР на отопление и вентиляцию вагонов;
- для устройств пути — минимальный уровень сопротивления путевых конструкций движению поезда.

Как показывает широкая эксплуатационная практика, оптимизационная задача подобного рода хорошо аппроксимируется экспоненциальными зависимостями, особенно в условиях многофакторного влияния, каковым и является процесс формирования удельного расхода ТЭР на тягу поездов (только в сфере организации перевозочного процесса действуют 18 значимых факторов, а всего — свыше 50).

На первом этапе процесс повышения энергоэффективности идет наиболее активно, постепенно замедляясь по мере задействования более дорогих, но менее эффективных мероприятий энергосбережения.

Существует некое предельное состояние (точка А), когда все технически достижимые и экономически оправданные (по сроку окупаемости) решения реализованы и система работает с  $\text{КПД}_{\text{н}}$  и оптимизированными потерями энергии  $\Delta_{\text{опт}}$ . На этом завершается стадия I процесса энергосбережения, наиболее эффективно и массово используемая на практике.

Для электротяги примером работы на стадии II может являться применение в элементах тягового электроснабжения пока еще весьма дорогостоящего явления сверхпроводимости, накопителей энергии в целях дальнейшего снижения  $\Delta_{\text{опт}}$ .

Мы сейчас приближаемся к стадии II и если государству надо экономить, а на сегодня альтернативы этому нет, значит надо вкладывать деньги в новые локомотивы и технические средства инфраструктуры.

**О.Ю. КРАВЧУК**, **О.Ю. ЛІНЬКОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Розробка двигуна зовнішнього згоряння на базі дизеля ЗДТ**

Найважливішим завданням в галузі енергетичних установок транспортних засобів є скорочення споживання моторних палив з нафти. Тому неминуче розширення використання альтернативних енергоносіїв.

Одним з перспективних напрямків істотного зниження витрати моторних палив з нафти може бути використання в якості енергетичної установки зовнішнього згоряння, в якому як енергоносії використовуються повітря в балонах при тиску 30 – 50 МПа і температурі навколишнього середовища і хімічний енергоносіїв.

Як прототип було вирішено розглядати двигун ЗДТ, який випускається заводом ім. Малишева. Двигун має номінальну потужність 20 кВт при частоті обертання колінчастого вала  $3000 \text{ хв}^{-1}$ .

Принципова схема енергетичної установки автомобіля на базі двигуна із зовнішнім згорянням представлена на рис. 1.

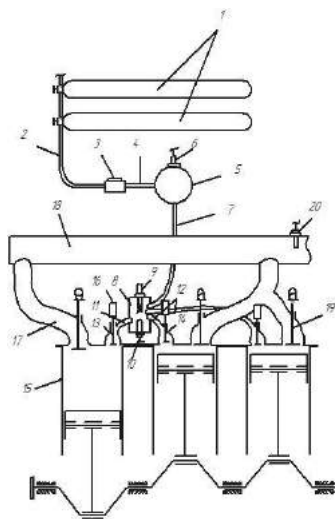


Рис. 1 – Схема енергетичної установки

За допомогою програми що була розроблена на кафедрі двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХП» [3] було виконано розрахунок робочого процесу проектного двигуна, в якості палива було вирішено застосувати спирт оскільки він належить до відновлювальних палив та виділяє менше токсичних речовин. Також за допомогою цієї програми були визначені оптимальні значення прохідних перетинів клапанів [4]. Максимальна температура продуктів згоряння в камері згоряння нового двигуна, в залежності від навантаження, знижена до 800 – 1300 К при коефіцієнті надлишку повітря при згорянні  $\alpha > 2$ , що зумовлює високі екологічні характеристики двигуна.

Порівняння техніко-економічних показників двигуна-прототипу і нового двигуна що працює на етиловому спирті наведено у табл. 1.

Таблиця 1.

**Техніко-економічні показники двигуна-прототипу і спроектованого  
двигуна**

Найменування показників та параметрів	Варіанти	
	Двигун-прототип	Спроекований двигун
1	2	3
Тип	4-тактний дизель	із зовнішнім згорянням
Потужність, кВт	20	20
Кількість циліндрів	3	3
Номінальна частота обертання колінчастого валу, $\text{хв}^{-1}$	3000	3300
Діаметр циліндра, мм	88	88
Хід поршня, мм	82	82
Система повітряпостачання	турбокомпресор	Балони із стисненим повітрям $P_k=30$ МПа
Тиск наддуву, МПа	0,219	Тиск повітря після редуктора $P_s=0,85$ е6Па
Коефіцієнт надлишку повітря	1,52	3,5
Максимальний тиск згоряння, МПа	9,5	0,85
Максимальна температура циклу, К	820	450
Питома витрата повітря, $\text{кг/кВт}\cdot\text{г}$	–	16,43
Питома ефективна витрата палива, $\text{кг/кВт}\cdot\text{г}$	0,218	0,198

Розрахунок робочого процесу дозволив нам переконатися у високій паливної економічності двигуна зовнішнього згоряння –  $g_e = 198$  г / кВт · год, що на 10 % менше ніж у двигуна – прототипу з тією ж розмірністю.

Максимальна температура циклу складає 450 К, що свідчить про неможливість утворення оксидів азоту NOx.

**Список літератури:**

1. Дьяченко В.Г. Теория двигунів внутрішнього згоряння /В. Г. Дьяченко. – Харків : ХНАДУ, 2009. – 500 с.
2. Методичні вказівки до розрахункової роботи «Розрахунок робочих процесів у двигунах внутрішнього згоряння» / Упоряд. В.Г. Дьяченко. – Харків: НТУ «ХП», 2001. – 34 с.
3. Дьяченко В.Г., Воронков А.И., Линьков О.Ю., Никитченко И.М. Двигун зовнішнього згоряння – проблеми, перспективи. – Двигуни внутрішнього згоряння. – 2010. – № 1. – С.113–120.
4. Дьяченко В.Г., Линьков О.Ю., Воронков А.И., Никитченко И.Н. Обоснование и выбор параметров газоздушных трактов двигателя внешнего сгорания. Двигатели внутреннего сгорания // Научно–технический журнал. Харьков: НТУ «ХПИ». – 2012. – No1. – С.53–55.

**О.М КУЛІШ, О.В. ТРИНЬОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Підвищення експлуатаційної надійності клапанів газорозподільного механізму швидкохідного дизеля**

Підвищення рівня форсування сучасних автотракторних дизелів призводить до зростання механічних та термічних навантажень на деталі камери згоряння (КЗ), зокрема на деталі клапанного вузла. Погіршення теплонапруженого стану (ТНС) зазначених деталей впливає на моторесурс, надійність. Значну роль при цьому також відіграють процеси зношення. При несприятливих експлуатаційних умовах (використання палива, наприклад, зі значним вмістом сірки і т.ін.), нераціональних конструктивних рішеннях, недосконалі технологічні процеси зношення прискорюється. Таким чином, зумовлено підтримання моторесурсу на достатньому рівні при зростанні форсування двигуна залишається *актуальною*.

В магістерській роботі проаналізовані методи дослідження процесів зношення, в тому числі з використанням безмоторних експериментів. Детально розглядаються етапи доведення деталей клапанного вузла дизелів СМД (ЧН12/14). При цьому використовуються як результати експериментів, так і теоретичні узагальнення з постановленої проблеми.

В дослідженні поставлені і вирішуються наступні задачі:

- аналіз причин виникнення дефектів по клапанному вузлу, в тому числі і внаслідок зносів, експлуатаційних факторів які прискорюють процеси зносу в експлуатації;
- аналіз розрахункових та експериментальних методів вивчення процесів зносу, зокрема, впливу жорсткості тарілки клапана на знос;
- розрахунково-експериментальне моделювання напружено-деформованого стану клапана з використанням методу скінчених елементів (МСЕ), виявлення впливу конструктивних факторів;
- розробка практичних рекомендацій щодо зниження експлуатаційних зносів в сполученнях клапанного вузла.

В доповіді розглядаються результати проведеного етапу досліджень: аналіз дефектів деталей клапанного вузла, зокрема пов'язаних з прискореним зношенням, безмоторні методи дослідження цих процесів, та математичне моделювання напружено-деформованого стану клапана, вплив конструктивних параметрів на рівень деформацій. Для уточнення математичної моделі ТНС підготовлено и проведено безмоторний експеримент.

Висновки. Вибір раціональних конструктивних параметрів клапана, збільшення жорсткості тарілки клапана зменшує деформації в експлуатації і сповільнює процеси зношення, збільшується моторесурс і надійність.

**В.В. КУЦ, В.Б САМОРОДОВ**, докт. техн. наук, профессор

### **Анализ и разработка оптимальных маршрутов для перевозки грузов**

Автотранспортное предприятие (АТП) – организация, которая осуществляет перевозки автомобильным транспортом, а также хранение, техническое обслуживание (ТО) и ремонт подвижного состава.

Главными задачами автотранспортных предприятий и организаций являются полное удовлетворение потребностей народного хозяйства и населения в автомобильных перевозках, выполнение автомобильным транспортом планов перевозок грузов, обеспечение сохранности перевозимых грузов и своевременной доставки их в пункты назначения. Современная транспортная логистика учитывает множество факторов для определения наиболее выгодного маршрута. Прежде всего, протяженность, продолжительность пути и экономичность выбираемого маршрута. Для эффективной маршрутизации (составления планов доставки) необходима компьютерная обработка исходных данных (заказы, параметры груза, автопарк, временные требования и т.д.) с помощью специального программного обеспечения.

Целью работы является разработка оптимальных маршрутов грузоперевозок с целью получения наибольшей прибыли, минимизация транспортных издержек путем поиска оптимальных маршрутов и мониторинга грузовых перевозок.

Для перевозки груза в различные области Украины задействовано 10 автомобилей: ЗИЛ-43, КамАЗ-5325, КамАЗ-5411, МАЗ-5443, МАЗ-5445,

DAF 95XF 440, IVECO 50C13, IVECO 50C11, IVECO EvroCargo ML 75 E 13, ГАЗ-33027.

В результате обработки различных планов перевозки грузов мы разработаем максимально эффективную схему перевозки по гибким индивидуальным тарифам, подберем оптимальное транзитное время и обеспечим непрерывный контроль доверенных нам грузов. Автоматизация процессов управления транспортной логистикой доставки грузов предназначена для значительного сокращения издержек логистического планирования [2]. В результате чего уменьшаются ошибки планирования, сокращается время доставки заказа и расходы на его транспортировку. Что приносит увеличение прибыли компаний, занимающихся доставкой грузов, и снижает стоимость услуг для потребителей.

За счет непрерывного контроля движения снижаются потери рабочего времени, и повышается оборачиваемость. Контроль фактических пробегов и расхода топлива снижает эксплуатационные расходы. Отображение местоположения транспортного средства в реальном времени позволяет предупредить или оперативно и эффективно реагировать на внештатные ситуации [1]. Накопление статистической информации о маршрутах и

режимах движения позволяет оптимизировать работу диспетчерской службы. Постоянный контроль повышает дисциплину водителей и снижает показатели аварийности. Контроль местоположения автотранспорта предотвращает хищение перевозимых грузов и материалов. На рис. 1 представлена статистическая информация о наиболее выгодных маршрутах.



Рис. 1 – Наиболее выгодные маршруты

В ходе выполнения научно-исследовательской работы был изучен объект компьютеризации, определены пути его автоматизации; рассмотрены и проанализированы системы планирования и мониторинга маршрутов грузовых перевозок, сформулированы их недостатки и обоснована необходимость разработки новой системы; проанализированы методы нахождения оптимальных маршрутов. Сформулирована математическая постановка задачи грузоперевозок с дозагрузкой по пути следования, предложены методы ее решения.

#### Список литературы:

1. Современные системы планирования и управления транспортом. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: [http://www.odamis.ru/doc/pub/analit/20080519\\_2123](http://www.odamis.ru/doc/pub/analit/20080519_2123)
2. Транспортная логистика;: Оптимизация грузоперевозок. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: [http://www.toplogistic.ru/transport\\_logistics.html](http://www.toplogistic.ru/transport_logistics.html)



М.А. ЛЕВЧУК, Г.А. АВРУНИН, канд. техн. наук, доцент

### Современные тормозные системы на базе устройств электрогидроавтоматики

В настоящее время насосный объемный гидропривод (ОГП) находит применение для тормозных систем внедорожных транспортных средств (off-highway). Производство компонентов для ОГП тормозных систем ведут фирмы «Mico», «Parker Hydraulics» и «Wabco» (США), «Rexroth Bosch Group», «Poclain Hydraulics» и др.

На рис. 1 приведена гидравлическая принципиальная схема ОГП двухконтурной тормозной системы фирмы «Poclain Hydraulics» [1], включающая три блока: распределительный VB200, динамического торможения VB020 рабочих тормозов гидроцилиндров Црт1 и Црт2, привода стояночного (статического) тормоза VB002 гидроцилиндра Цст, гидропневмоаккумуляторы АК1...АК3 и реле давления РД.

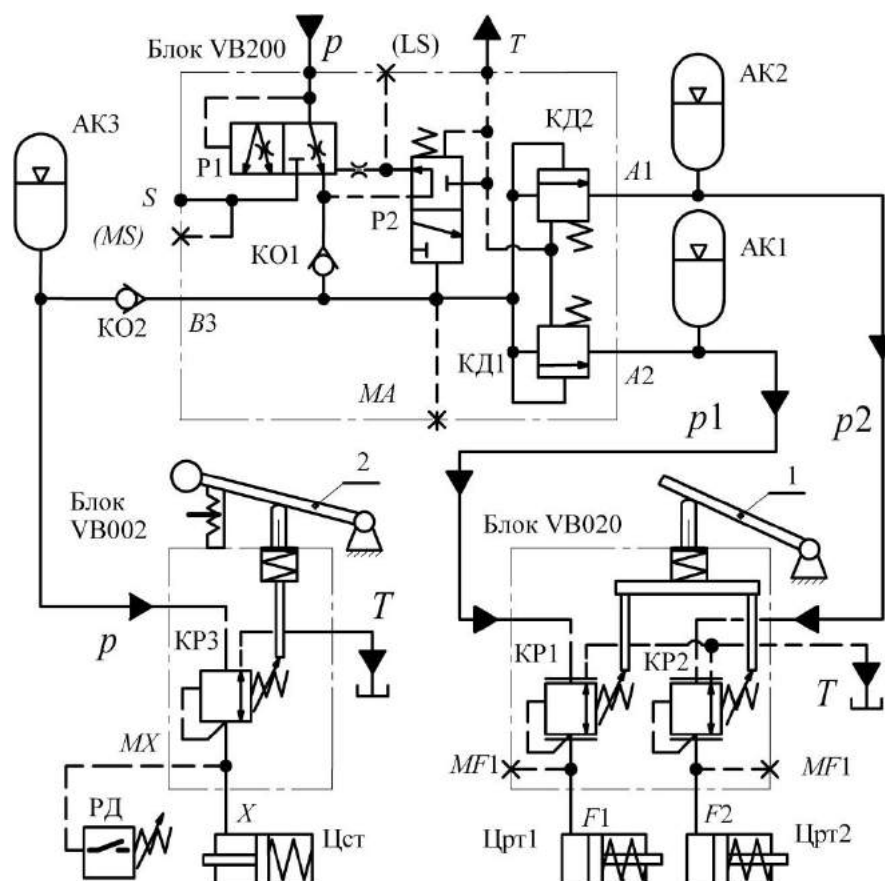


Рис. 1 – Гидравлическая принципиальная схема ОГП тормозной системы фирмы «POCLAIN HYDRAULICS»

В блок VB200 входят гидрораспределители P1 (приоритетный клапан) и пилотный P2 для управления P1, изолирующие гидроклапаны давления КД1 и КД2, обратный клапан КО1 и линия LS дистанционного управления. Блок VB020 содержит два пропорциональных редукционных клапана КР1 и КР2 и управляющий синхронизирующий привод для педали 1. Блок VB002 состоит из редукционного клапана КР3 и привода его управления с помощью рукоятки 2 с фиксатором. Имеется исполнение блока VB200-6 с изолирующим клапаном шарикового типа для разделения контуров тормозов.

К ОГП подвод РЖ осуществляется через блок VB200 (р – от насоса) и далее направляется через гидрораспределитель P1 и обратный клапан КО1: к блоку VB020 рабочей тормозной системы через клапаны КД1 и КД2 и от отверстия А1 (к р1) и А2 (к р2); к блоку VB002 стояночного тормоза через отверстие и обратный клапан КО2.

Для растормаживания стояночного тормоза нормально-замкнутого типа перемещают рычаг 2, воздействующий на редукционный клапан КР3. Создаваемое при этом давление в линии перемещает поршень гидроцилиндра Цст вправо, растормаживая колеса транспортного средства (сигнализация о размыкании тормоза обеспечивается реле давления РД). При создании усилия на педаль 1 происходит синхронное перемещение редукционных клапанов КР1 и КР2, приводящее к созданию давления в гидроцилиндрах Црт1 и Црт2, усилий и тормозных моментов на колесах соответствующих контуров, пропорциональных давлению РЖ.

Если тормозная система не приводится в действие (при отсутствии воздействия на педаль 1), то насос ОГП (на схеме условно не показан) производит зарядку аккумуляторов АК1...АК3. При достижении давления зарядки на торце гидрораспределителя P2 создается давление, достаточное для перемещения его золотника вверх. При этом правая торцовая камера гидрораспределителя P1 (приоритетного клапана) разгружается от давления (сообщается со сливом в гидробак) и его золотник смещается вправо, что обеспечивает подачу потока РЖ от насоса к ОГП технологического оборудования транспортного средства по линии S. При нажатии на педаль 1 тормоза снижение давления в линиях и приведет к автоматическому опусканию вниз золотника гидрораспределителя P2 и возврату распределителя P1 влево (как показано на схеме), что восстановит приоритет тормозной системы.

Точки *MA, MS, MF1, MF2* и *MX* служат для подключения датчиков давления при необходимости диагностирования ОГП.

Разработка тормозных систем нового типа планируется на кафедре АИТ для колесных тракторов семейства ХТЗ.

### **Список литературы:**

1. POCLAIN HYDRAULICS. SELECTION GUIDE 2011. – 03.2011. – 45 p

**С.В. ЛІСОВИЙ, Г.А. АВРУНІН**, канд. техн. наук, доцент

### **Випробування гідроапаратури на базі електромагнітів з пропорційним електричним керуванням**

Гідроапаратура з пропорційним електричним керуванням на базі лінійних пропорційних електромагнітів забезпечує дистанційне і безступеневе регулювання напрямку, витрати і тиску РР, дозволяючи реалізувати за допомогою об'ємного гідропривода автоматичне керування різними машинами і забезпечуючи при цьому підвищення точності, продуктивності і зниження енерговитрат.

Пропорційний електромагніт розроблений на основі дискретного електромагніту, який використовується в дискретних (інша назва – циклових) апаратах електрогідроавтоматики і відрізняється наявністю керувального конуса з немагнітного матеріалу, який змінює форму ліній магнітного поля [1].

Пропорційний електромагніт характеризується:

- 1) зусиллям на якорі, пропорційним силі струму;
- 2) розвинутим зусиллям, незалежним від положення якоря в межах робочої зони, що зазвичай становить близько 2 мм.

На рис. 1 наведена гідравлічна принципова схема стенду для визначення характеристик редукційного клапана з пропорційним електричним керуванням [2], що включає насос Н з приводним двигуном «М», запобіжний клапан КП, дросель ДР на виході з редукційного клапана КР, витратомір РА для вимірювання витоків РР ( $Q_{\text{вит}}$ ), манометри МН1 і МН2, гідробак Б. За манометром МН1 контролюють тиск на вході в редукційний клапан КР, а за манометром МН2 тиск редукування після редукційного клапана.

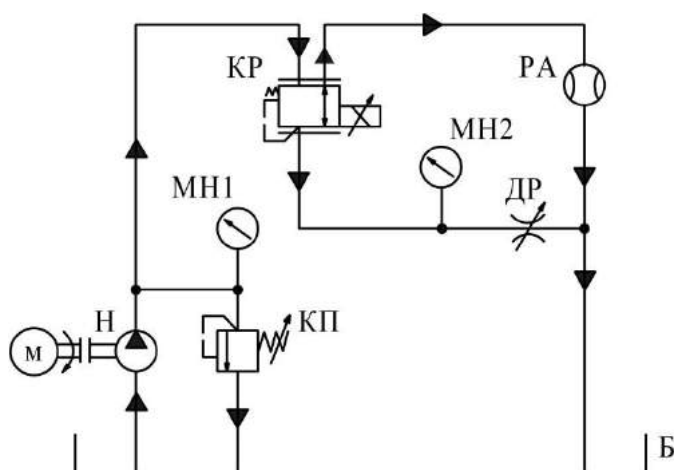


Рис. 1 – Гідравлічна принципова схема стенду для зняття характеристик редукційного клапана КР з пропорційним електромагнітом

Типова залежність зміни тиску на виході редукційного клапана від значення електричного сигналу наведена на рис. 2.

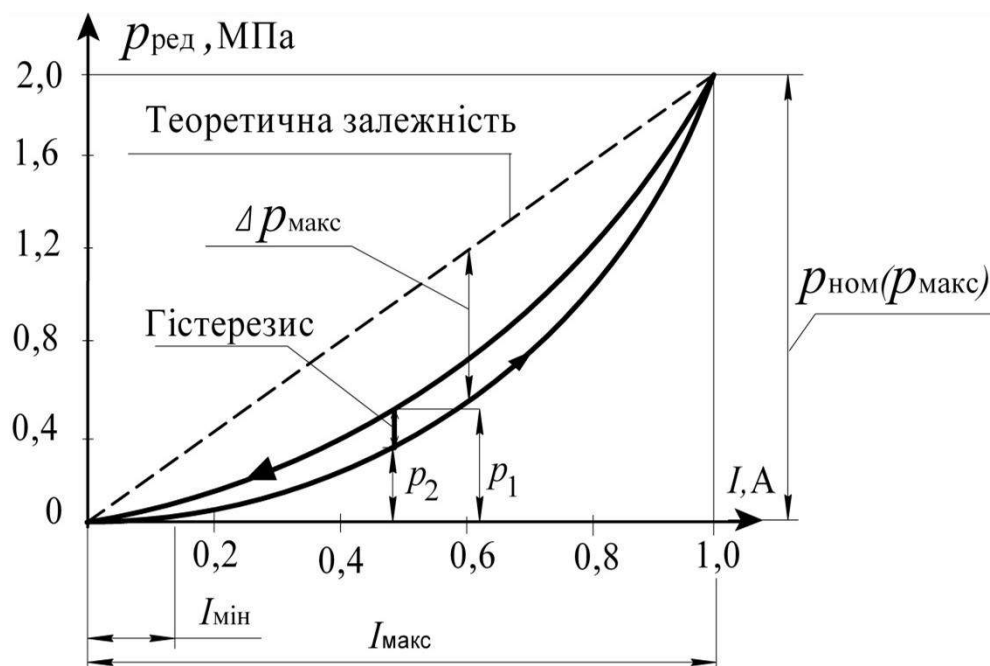


Рис. 2 – Типова залежність тиску на виході редукційного клапана з пропорційним електромагнітом від значення струму керування

Відхилення фактичної від теоретичної лінійної залежності тиску редукування визначають за параметрами гістерезис, нелінійність і повторюваність.

Пропорційні електромагніти знайшли застосування в гідророзподільниках, гідроклапанах тиску і гідродроселях. На відміну від звичайних електромагнітів, що мають тільки два певні стани (ввімкнено або вимкнено), пропорційні електромагніти дозволяють отримати безліч положень якоря, що і знайшло застосування в гідроапаратах. При цьому в гідроапаратах із зведеним діаметром до 6 мм використовується принцип прямої дії, тобто передачі зусилля з боку якоря безпосередньо гідравлічному елементу – золотнику гідророзподільника, гідродроселя або клапана. При великих зведених діаметрах гідроапаратів пропорційний електромагніт використовується як апарат керування пілотним гідропристроєм (гідророзподільником або гідроклапаном).

Використання редукційних клапанів з пропорційним електромагнітним керуванням планується кафедрою АІТ для регулювання робочого об'єму аксіальнопоршневих насосів в двухпотокових коробках передач тракторів ХТЗ.

#### Список літератури:

1. Шольц В. Пропорциональная гидравлика. Основной курс. ТР 701. ISBN 966-96191-1-4. «Фесто-Дидактик»: Учебник / Д. Шольц – Киев : ДП «Фесто», 2002. – 123 с.
2. Аврун Г.А. Основы об'ємного гідропривода і гідропневмоавтоматики: [навчальний посібник] / (Г.А. Аврун, І.Г. Кириченко, І. І. Мороз); під ред. Г.А. Авруніна. – Харків : ХНАДУ, 2009. – 424 с.

**Д. К. МАХОТКІН, О. В. ДЕМИДОВ**, ст. преподаватель

# **Моделирование режимов работы синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов в составе тягового привода пригородного электропоезда**

В настоящее время около 50% пассажирских перевозок Украины осуществляется железнодорожным транспортом. Проведя обзор аналогичных конструкций электропоездов можно сделать вывод о том, что в Европе и Японии используется специализированный подвижной состав, базовой секцией является секция из 2-3 обмоторенных вагонов. В качестве тягового привода, в основном, используется частотно - регулируемый привод с асинхронными и синхронными двигателями[1]. Таким образом, задача по созданию нового, более энергоэффективного регионального электропоезда, является актуальной.

Целью работы является расчет и моделирование работы перспективного тягового привода на базе синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов.

В качестве преобразователя применен автономный инвертор напряжения (АИН). Для регулирования инвертора использована наиболее прогрессивная реализация широтно-импульсной модуляции (ШИМ), фазные напряжения в этой реализации формируются при помощи вращающегося пространственного вектора напряжения (space vector) [2].

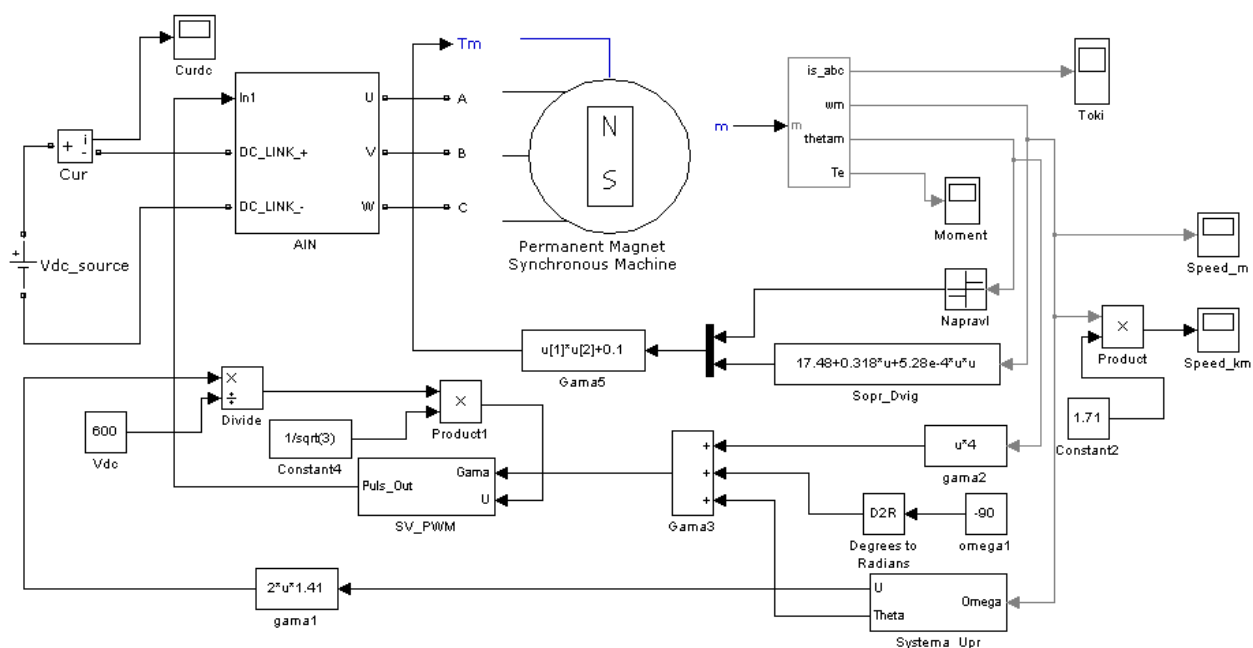


Рис. 1. – Модель тягового привода в среде Matlab-Simulink

Для моделирования режимов работы привода создана имитационная модель тягового привода в среде Matlab-Simulink, общий вид модели приведен на рис. 1.

В результате моделирования получены фазные токи и развиваемый момент двигателя, график разгона электропоезда, а также амплитуда забросов обратного напряжения в звено постоянного тока. На рис. 2 приведены фазные токи двигателя в режиме разгона.

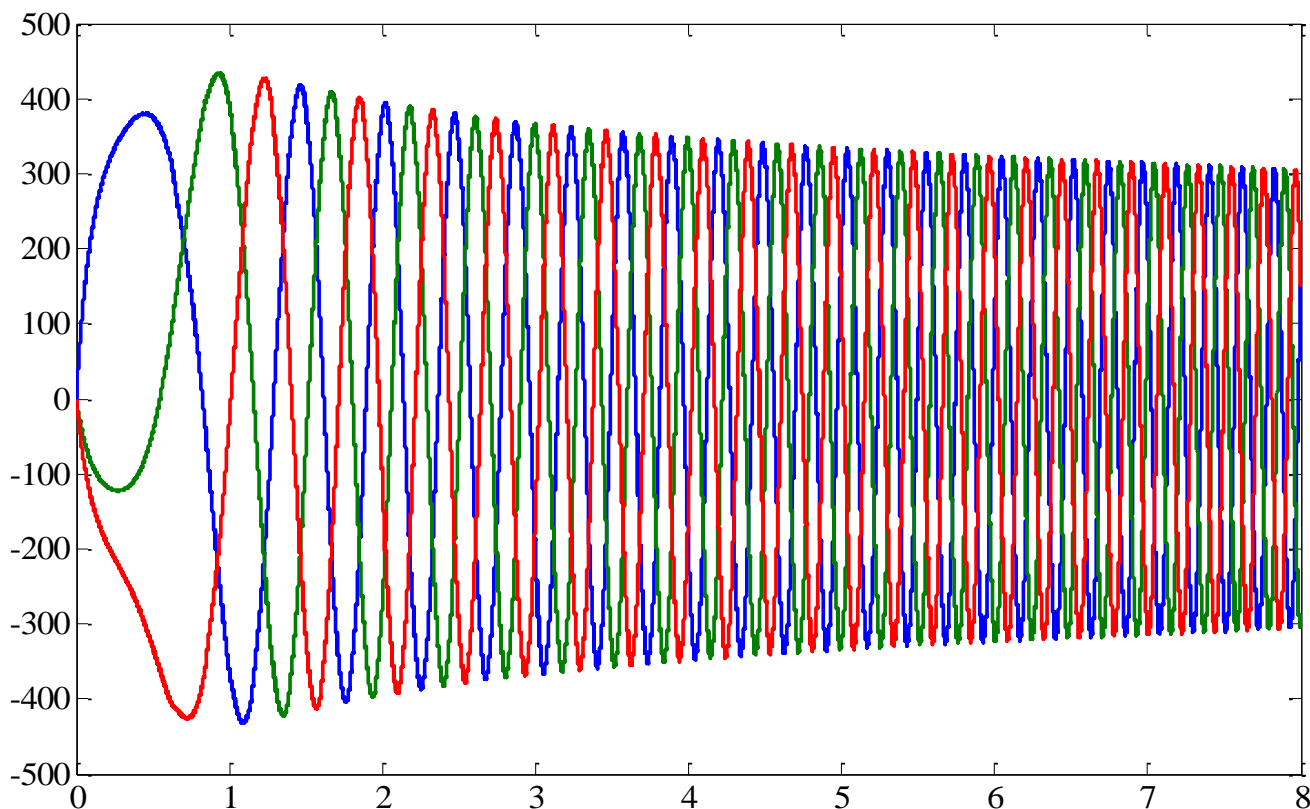


Рис. 2. — Фазные токи тягового двигателя

В ходе проведенных исследований разработана модель перспективного тягового привода, определены предельные ее характеристики. Определено, что при пуске возможны забросы тока до 200 А, что требует установки фильтра в звене постоянного тока.

#### Список литературы:

1. Моторвагонный подвижной состав для региональных и местных сообщений // Железные дороги мира, 2004. — №11. С. 32-39.
2. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. — 425 с.

**А.А. МОВЧАН, Б.Г. ЛЮБАРСКИЙ**, канд. техн. наук, доцент

### **Оптимизация режимов работы синхронного тягового привода мотор-вагонного подвижного состава**

Тяговые приводы на основе синхронных тяговых двигателей с возбуждением от постоянных магнитов строятся на основе автономных инверторов напряжения и синхронных тяговых двигателей. В отличие от асинхронного привода рассмотренного в предыдущем разделе тяговые двигатели имеют индивидуальное включение автономного инвертора, что обусловлено системой управления двигателя с обратной связью по угловой координате [1].

Составляющими вектора параметров оценки эффективности тягового привода рационально выбрать: коэффициент модуляции ( $K_m$ ) величина которого определяет значение фазного напряжения тягового двигателя, величину угла  $\theta$  (угла управления) в основном определяющего электромагнитный момент двигателя и режим работы тягового привода – однопульсный или ПВ ШИМ. Первые две величины являются относительными и их удобно использовать для оценки режимов работы приводов различной мощности.

В качестве критерия как сказано выше выбираем КПД привода  $\eta$ . Алгоритм решения задачи анализа имеет следующий вид:

Задаемся величинами  $n$ ,  $K_m$  и  $\theta$ . Для однопульсного режима  $K_m=1,56$

Устанавливаем режим работы преобразователя однопульсный или ПВ ШИМ

Определяем величину фазного напряжения двигателя и частоты питания двигателя.

Определяем  $\theta_{кр}$

Если  $|\theta| > |\theta_{кр}|$  то реализация режима невозможна

Определяем электромагнитную мощность

Определяем ток двигателя и его коэффициент мощности

Определяем потери в тяговом двигателе.

Если привод работает в режиме ПВ ШИМ то добавочные потери не учитываются.

Определяем мощность на валу двигателя

Определяем момент на валу двигателя.

Определяем потери в тяговом преобразователе.

Определяем суммарные потери в тяговом приводе.

Определяем подводимую мощность на звене постоянного тока и КПД привода.

При решении задачи оптимизации на параметры накладываются ограничения в виде неравенств:

$$I_{1\phi} < I_{\max},$$

$1,414 \geq K_M \geq 0$ , для режима ПВ ШИМ,

где  $I_{\max}$  – максимальный допустимый фазный ток ЭМП;

и в виде равенства:

$$M_2 = M_{\text{зад}}$$

Для решения задачи оптимизации использован пакет optlab для MATLAB разработанный в НТУ «ХПИ», который позволяет легко варьировать различными методами решения задач оптимизации. Наилучшие результаты по времени решения поставленной задачи показал метод циклического покоординатного спуска [2].

Оптимальное значение КПД привода представлены на рис.1.

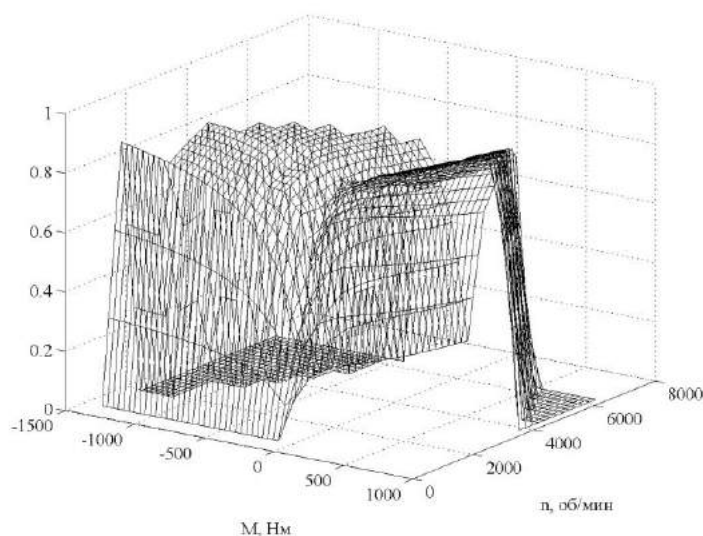


Рис. 1 – Оптимальное значение КПД привода в режиме с ПВ ШИМ

Для тягового привода на основе синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов предложено в качестве компонент вектора управления выбрать угол управления, коэффициент модуляции и способ регулирования режимами работы двигателя. Определено, что КПД привода на основе СДПМ и ЭМП в однопульсном режиме имеют значительную зону, в которой не было найдено решение, что обусловлено невозможностью регулирования напряжения в этом режиме. КПД привода в однопульсном режиме лишь в узкой зоне при максимальных больших значениях мощности ЭМП выше КПД при ПВ ШИМ, что обусловлено более высоким напряжением питания ЭМП.

#### Список литературы:

1. Любарский Б.Г. Электродвигатели для перспективного электроподвижного состава / В.И. Омеляненко, Рябов Е. С, А. В Демидов, Т. В. Глебова // Локомотив-информ. – 2008. – №1. – С. 16–19.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование: Пер. с англ / Д. Химмельблау. – М.: Мир, 1975. – 534 с.



**О.П. МОГИЛЬНИЙ, О.В. ТРИНЬОВ**, канд. техн. наук, доцент

**Аналіз нестационарного теплонапруженого стану деталей  
клапанного вузла форсованого швидкохідного дизеля**

Зростаючі вимоги до надійності ДВЗ зі зростанням рівня форсування вимагають детального аналізу тепло напруженого стану деталей камери згоряння, як на стаціонарних, усталених, так і перехідних режимах скидання – накидання навантаження. Як показує аналіз результатів численних експериментальних і теоретичних досліджень, саме перехідні режими є причиною термоутомних руйнувань деталей камери згоряння, зокрема клапанного вузла. Таким чином, проблема поставлена в дослідженні актуальною.

При виконанні магістерської дипломної роботи було проведено аналіз результатів досліджень нестационарного тепло напруженого стану деталей камери згоряння, а також проаналізовано відомі методи математичного моделювання тепло напруженого стану з використанням методу скінченних елементів. Особливу увагу в магістерській роботі приділено дослідженню впливу змінної механічної складової на виникнення закидів термопружних напружень при перехідних режимах.

За результатами проведеного етапу досліджень уточнення математична модель клапанного вузла, врахована змінна механічна складова, проведено розрахунки варіантів тепло напруженого стану для різних режимів скидання – накидання навантаження (моделювалась тривалість перехідного режиму та абсолютні значення максимального тиску в циліндрі ДВЗ).

Висновки. Уточнення математичної моделі дозволить підвищити точність математичного моделювання, визначити конструктивні, експлуатаційні фактори які впливають на закиди термопружних напружень. Визначити шляхи їх зменшення підвищення надійності клапанного вузла форсованого автотракторного дизеля.

**М.В. ПАВЛЕНКО, В.Р. МАНДРЫКА** канд. техн. наук, доцент

### **Повышение плавности хода автомобиля Шкода Октавия**

Плавностью хода является свойство автомобиля обеспечивать защиту водителя, пассажиров и перевозимого груза от колебаний и вибраций, толчков и ударов, возникающих в результате взаимодействия колес с дорогой.

Колебания автомобиля влияют практически на все основные эксплуатационные свойства машины: комфортабельность и плавность хода, устойчивость и управляемость и даже расход топлива. Таким образом, повышение плавности хода автомобиля, является важным фактором безопасности водителя, и как следствие требует особого внимания при рассмотрении данной проблемы. В качестве примера для рассмотрения взят автомобиль Шкода Октавия.

Плавность хода автомобиля зависит от двух факторов: дороги и скорости автомобиля. Фактор дороги связан с внешним воздействием на автомобиль и независим от него. Скорость автомобиля, напротив, является регулируемым показателем, как с помощью действий водителя, так и с помощью технических устройств.

Есть системы которые позволяют, не снижая скорости автомобиля, сохранить комфорт водителя адаптируясь к дорожному полотну изменяя жесткость подвески, например система адаптивного управления шасси DCC.

Данная система рис. 1 является интеллектуальной, саморегулирующейся системой, управляющей амортизаторами автомобиля в зависимости от следующих факторов: качество дорожного покрытия, текущая ситуация на дороге (напр., торможение, ускорение или движение в повороте), запросы водителя.

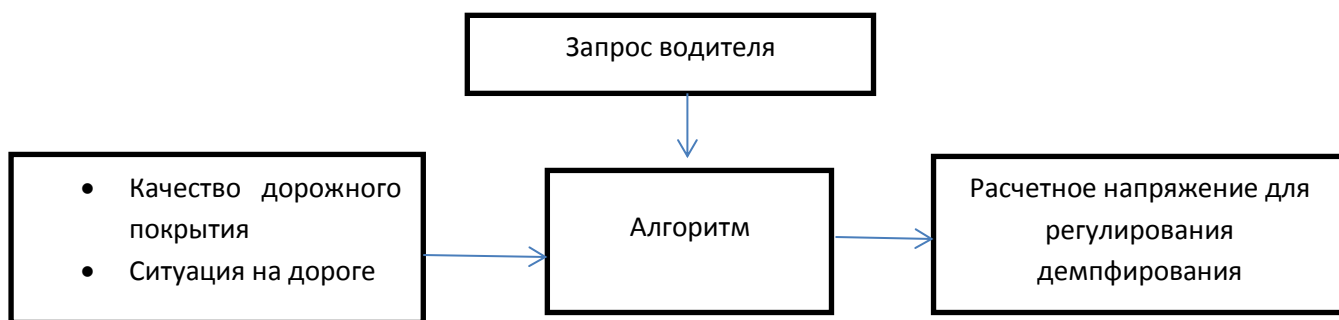


Рис. 1 – Схема работы системы DCC.

Для системы адаптивного управления ходовой части DCC используются регулируемые амортизаторы телескопического исполнения рис. 2.

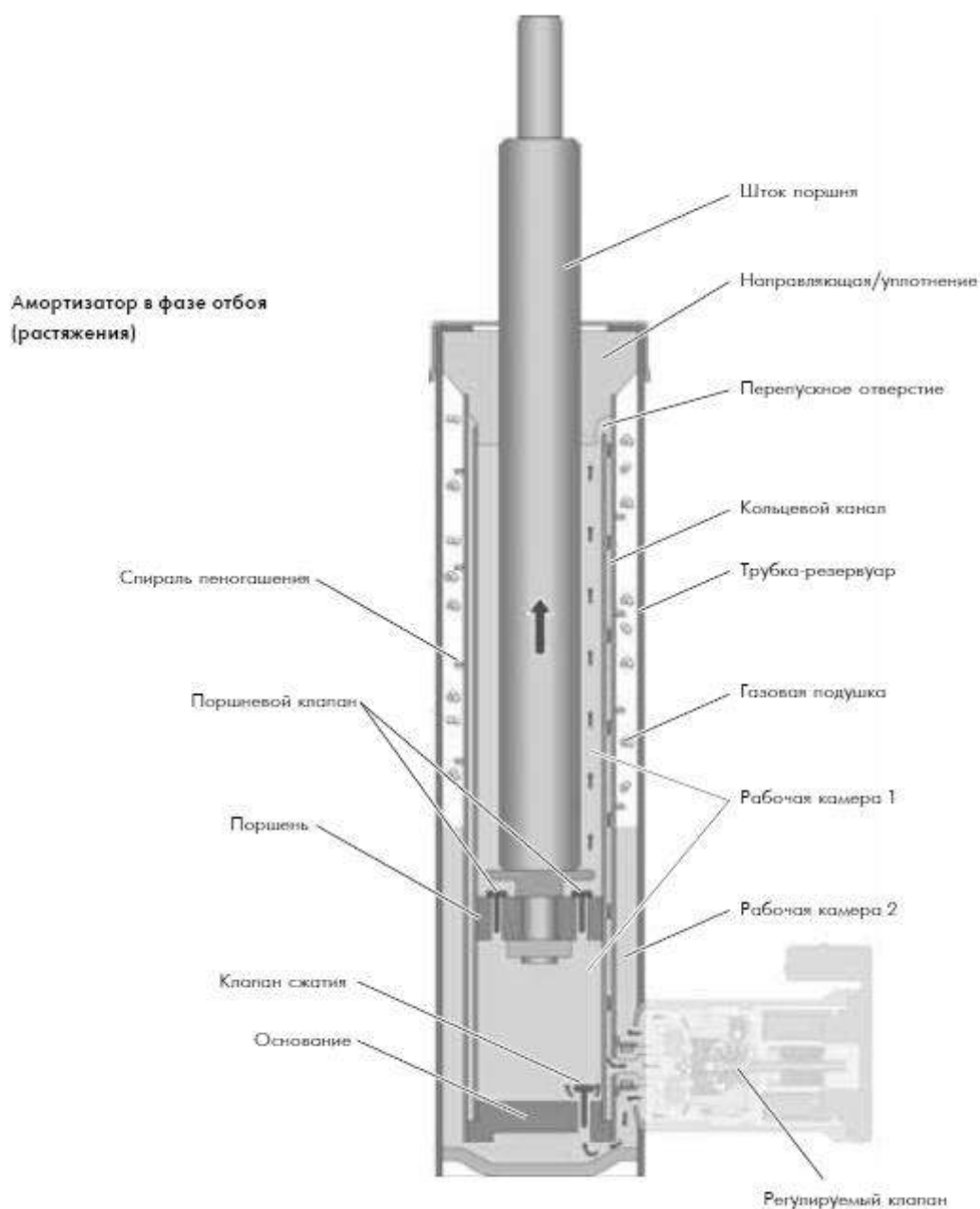


Рис. 2 – Схема регулируемого телескопического амортизатора.

Составлена математическая модель подвески которая позволит произвести замену элемента подвески на автомобиле Шкода Октавия.

#### Список литературы:

1. Система адаптивного управления ходовой части DCC / Service training vw // С. 31.

**О.Ю. ПИЛИПЕНКО, Д.Г. СИВЫХ**, канд. техн. наук, доцент

**Разработка и анализ эффективности применения электронной системы автоматического регулирования теплового состояния клапанного узла форсированного быстроходного дизеля**

Надежная работа наиболее теплонапряженных деталей камеры сгорания двигателя, которые и определяют его моторесурс, в сочетании с высокой топливной экономичностью были и остаются основными показателями перспективности конструкции ДВС. При этом следует заметить, что уровень требований по надежности, экономичности, удельным габаритным и массовым показателям постоянно возрастает.

Тепловое состояние клапанного узла (выпускной клапан, седло, направляющая втулка) является одним из определяющих факторов, влияющих на надежную работу узла в условиях эксплуатации, на его ресурс. Эффективным способом повышения надежности узла является локальное воздушное охлаждение как отдельных деталей, так и узла в целом (несколько контуров охлаждения).

Основным преимуществом воздушного локального охлаждения является возможность локально уменьшать температуру наиболее нагретых участков деталей клапанного узла, уменьшать перепады температур между тарелкой клапана и стержнем, в зоне межклапанной перемычки головки цилиндров [1].

Для выполнения автоматического локального охлаждения разработана микропроцессорная система, на базе микроконтроллера ATmega16, осуществляющая мониторинг температуры клапанного узла и управляющая подачей охлаждающего воздуха в соответствии с заложенной программой.

В качестве первичного преобразователя температуры используется термопара хромель-алюмель, термо-эдс которой усиливается операционным усилителем. Далее сигнал подается на вход внутреннего аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера и по записанному в памяти выражению определяется температура, как функция от регистрируемого напряжения на входе аналого-цифрового преобразователя.

На основании информации о температуре выполняется автоматическое управление подачей воздуха под избыточным давлением. В качестве регулятора подачи воздуха применяется промышленный регулятор холостого хода, устанавливаемый в системах комплексного управления двигателями семейства ВАЗ. Этот элемент выполнен на основе шагового электродвигателя, дискретное вращение вала которого через передачу винт-гайка преобразуется в поступательное движение запорного наконечника. Для обеспечения логики работы шагового электродвигателя используется схема контроллера на микросхемах L297, и L298 [2].

Микропроцессорная система также производит постоянное измерение давления воздуха в подающей системе. На основании этих данных происходит автоматическое управление компрессором для поддержания необходимого значения давления.

Вся информация о величине контролируемых параметров, установленных границах срабатывания, а также текущем состоянии регулятора подачи воздуха передается через линии последовательного обмена UART микроконтроллера и преобразователь интерфейсов на базе MCP2200 на порт USB подключенного компьютера [3].

Для компьютера создана программа, с использованием среды разработки LabVIEW, которая обрабатывает полученные от микроконтроллера данные. Эта программа обеспечивает наглядное визуальное отображение значений контролируемых параметров температуры и давления, а также актуального состояния регулятора подачи воздуха, с помощью графических индикаторов. Также выполняется построение графика изменения температуры по времени с указанием граничных температур срабатывания. Вся полученная информация, помимо отображения на экране, записывается в текстовый файл для возможности дальнейшей обработки и анализа.

Кроме работы с полученными данными данная программа предоставляет возможность изменения записанных в микроконтроллере значений контролируемых параметров, при которых происходит срабатывание системы. А также позволяет выполнять настройку хода регулятора подачи воздуха для обеспечения герметичного прилегания наконечника клапана. Полученные новые значения изменяемых параметров записываются в энергонезависимую память микроконтроллера для использования при следующих запусках.

Работа описанной системы была проверена экспериментально. В результате проверки было установлено, что система обеспечивает необходимый уровень охлаждения клапанного узла, в соответствии с требованиями поставленной задачи по регулированию теплового состояния клапанного узла форсированного быстроходного дизеля. Также в ходе эксперимента было установлено, что погрешность измерений находится в пределах  $\pm 2,5\%$ , а алгоритма работы микропроцессорной системы выполняется без ошибок.

#### **Список литературы:**

1. Тринёв А.В. Оценка эффективности локального охлаждения головки цилиндров двигателя КаМАЗ в безмоторном эксперименте / А. В. Тринев, В. Т. Коваленко, С. В. Обозный, А. Н. Клименко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. – №2. – С. 19 – 24.
2. Разработка системы автоматического регулирования теплового состояния клапанного узла автотракторного дизеля / А. В. Тринёв, Д. Г. Сивых, С. В. Обозный, Е. В. Синявский, О. Ю. Пилипенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2012. – № 60 (966). – С. 90 – 97.
3. Автоматическое регулирование теплового состояния клапанного узла быстроходного дизеля / А. В. Тринёв, Д. Г. Сивых, Е. В. Синявский, О. Ю. Пилипенко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2013. – №2. – С. 50 – 55.

**А.А ПУЛЯЕВ, Б.П. ТАРАН**, канд. техн. наук, профессор

### **Моделирование напряжённо-деформированного состояния чугунных поршней двигателей внутреннего сгорания**

Поршень является важнейшей деталью двигателей внутреннего сгорания. На него действуют высокие механические и тепловые нагрузки. В настоящее время созданы поршни определённых типов, из разных материалов и разной формы, предназначенные для применения в двигателях с определённым уровнем нагрузки. При этом для решения вопроса о пригодности конструкции поршня определённого типа используют различные параметры, оценивающие его тепловую и механическую напряжённость. В данной работе для определения этих параметров используется компьютерное моделирование, с помощью которого определяются напряжения и температуры в любой точке рабочего сечения поршня. Эти данные становятся полезными при решении вопроса ускоренного моделирования новых конструкций поршней и адаптации к рабочим условиям.

Целью работы является моделирование процессов, происходящих в двигателях внутреннего сгорания при высоких нагрузках, построение соответствующих графиков и их анализ.

Цикл разработки включает следующие этапы:

1. Построение модели поршня ДВС.
2. Разбитие модели на конечные элементы.
3. Эксплуатационное испытание опытного образца.
4. Оценка результатов эксплуатационных испытаний.
5. Изменение конструкции на основании результатов эксплуатационных испытаний.

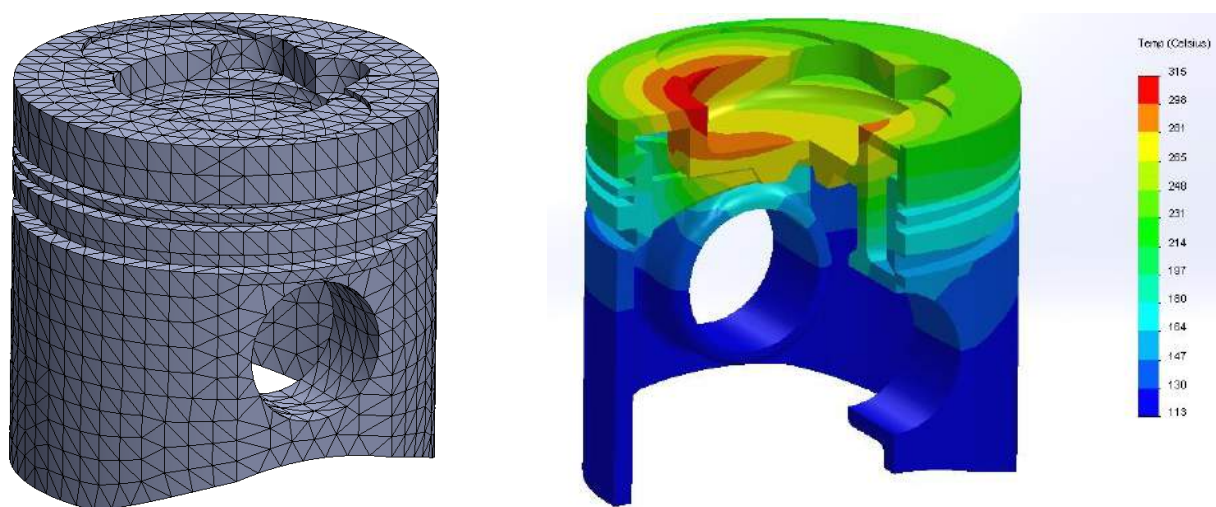


Рис. 1 – Конструкция поршня и график распределения температур

Разработка 3D–модели и её анализ производились в программе SolidWorks.

На рисунке 1 показано поле распределения температур при работе двигателя. Максимальные температуры в поршне сосредоточены в стенках камеры сгорания и достигают 315° С. Зона минимальных температур сосредоточена в районе пальцевого отверстия. Такое распределение температур обусловлено в камере сгорания сжиганием топлива и в зоне минимальных температур связано с небольшой теплопроводностью чугуна.

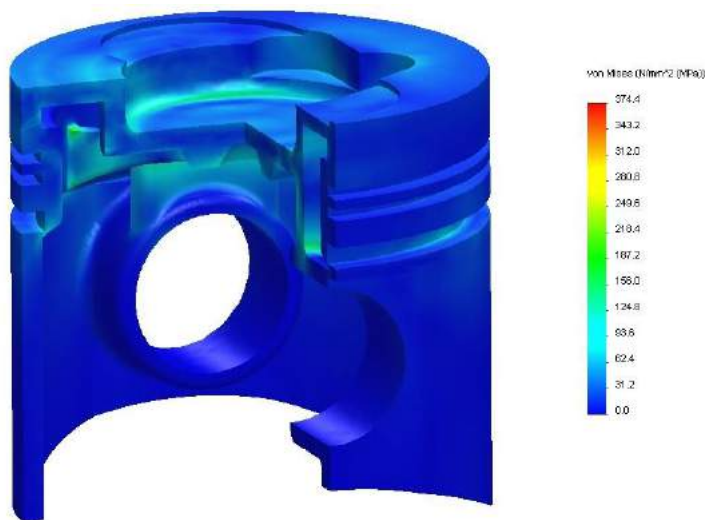


Рис. 2 – График НДС поршня

На рисунке 2 показаны результаты исследования напряжённо-деформированного состояния поршня. По этим данным можно определить запас прочности в любой точке сечения.

С помощью подобной работы можно выполнить следующие задачи:

- уменьшить стоимость модели за счет проведения ее испытания на компьютере вместо дорогостоящих эксплуатационных испытаний;
- сократить время, необходимое для представления продуктов на рынок, путем уменьшения количества циклов разработки изделия;
- улучшить изделия посредством быстрой проверки сразу большого количества концепций и сценариев перед принятием окончательного решения, тем самым предоставляя вам дополнительное время на обдумывание новых конструкций.

#### Список литературы:

1. Зотов А.А. Совершенствование технологии проектирования тонкостенных поршней ДВС с принудительным зажиганием. Диссертация, 05.05.03/ А. Зотов /Харьков, 2010, 150 С.
2. Хаджи Шейх. Решение задач теплопроводности вероятностными методами / Хаджи Шейх, Сперроу // Теплопередача. – 1967. № 2. – С. 15-18.
3. Шеховцов А.Ф. Напряженно-деформированное состояние поршня быстроходного дизеля при нестационарных нагрузках / А.Ф. Шеховцов, П.П. Гонтаровский, Ф.И. Абрамчук и др // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков. 1989. – Вып. 49. – С. 20-26.

**Д.А. ПУСТОВАЛОВ, Г.В. КРИВЯКИ**, канд. техн. наук, доцент

### **Полуактивная система рессорного подвешивания с магнитореологическим демпфером**

Широкое распространение получили гидравлические демпферы, диссипация энергии в которых происходит при движении жидкости через различные каналы и перепускные клапаны. Потери напора при течении жидкой среды в каналах и перепускных клапанах определяют вид силовой характеристики амортизатора. Течение жидкости происходит за счет давления, создаваемого при возвратно-поступательном движении поршня в цилиндрическом корпусе. При этом компрессионные кольца, перекрывающие зазор между поршнем и корпусом, должны удерживать большой перепад давления. Компрессионные кольца за время эксплуатации изнашиваются и теряют свои рабочие свойства, что приводит к выходу амортизатора из строя. Управление силовой характеристикой гидравлических демпферов производится сложной механической системой, изменяющей размер дросселирующих отверстий и значения давления в жидкости, необходимого для открытия перепускных клапанов.

Нанодисперсная магнитореологическая жидкость (НМРЖ), обладающая текучестью и магнитными свойствами, позволяет создавать управляемые демпфирующие устройства. НМРЖ – это коллоидный раствор, способный менять свою структуру и вязкость под воздействием магнитного поля. Создание динамических виброгасителей с возможностью дистанционного регулирования их силовых характеристик и эффективности демпфирования в процессе гашения колебаний при помощи связи с автоматическими системами и следящими устройствами является основным преимуществом магнитожидкостного демпфера.

Получение стабильных рабочих характеристик демпфирующего устройства возможно при высокой седиментационной устойчивости в гравитационных и градиентных магнитных полях жидкой среды, что определяет выбор НМРЖ.

Применение НМРЖ в качестве рабочей среды в демпфирующих устройствах позволяет разрабатывать конструкции, в которых возможно изменение силовой характеристики и энергии вязкостной диссипации без разбора устройства, без замены отдельных конструктивных узлов для конкретных условий эксплуатации.

Воздействие на силовую характеристику и эффективность демпфирования можно осуществлять в процессе гашения колебаний в системе, что значительно расширяет область возможного применения демпфера.



**В.М. РОМАНЕНКО., В.М. КРАСНОКУТСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доцент

### **Покращення керованості автомобілів ВАЗ**

Безпека автомобіля в великій мірі залежить від його керованості. Аналіз статистичних даних України з 2008 по 2013 рік показує, що близько 23 % ДТП відбуваються через втрату керованості автомобілем, при чому більшість випадків пов'язані з заносом і відхиленням від траєкторії руху незагальмованого автомобіля на дорогах з сухим покриттям.

Керованість - це властивість системи автомобіль-водій, що визначає траєкторію, положення і швидкість автомобіля, основні параметри керованості автомобіля залежать від конструктивних параметрів його конструкції, у тому числі рульового керування, характеристик шин, кінематики та кутової жорсткості підвіски, аеродинамічних якостей кузова та майстерності водія [2].

Разом з інформацією про реакцію автомобіля на зовнішні фактори, що передаються через зворотний зв'язок, водій також отримує багато іншої інформації, в результаті обробки якої приймає рішення і впливає на органи управління.

Метою проведення даної роботи являється виявлення факторів, що впливають на керованість автомобіля, покращення керованості автомобіля та його ходових властивостей за рахунок оптимізації параметрів його ходової системи (підвіски), установка і стабілізація керованих коліс, досягнення пружності деталей рульового управління, що впливають на фазове зрушення між кутом повороту рульового колеса і поворотом подовжньої осі автомобіля.

При недостатній жорсткості рульового управління динамічна чутливість автомобіля знижується на 35–40 % [1].

Із збільшенням кутової жорсткості підвіски вплив кінематики рульового приводу на чутливість автомобіля до управління зростає, а оптимальне ( з точки зору зносу шин ) для малого класу співвідношення кутів повороту керованих коліс досягає величини 1,3 [4].

Встановлено, що кінематика рульового приводу, в складі ходової системи автомобіля, не може бути оптимальною для всіх режимів руху. Так, для дослідженого класу автомобілів при бічних прискореннях до 4 м/с оптимальним є співвідношення 1,1–1,3, а для великих прискорень – 0,9–1,0 при одних і тих самих конструктивних системах [3].

#### **Список літератури:**

1. Адамович Н.В. Управляемость машин. М., Машиностроение, 1977.
2. Інтернет – сайт <http://ru.wikipedia.org>.
3. Алфутов Н. А. Устойчивость движения и равновесия / Н. А. Алфутов, К. С. Колесников. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.
4. Інструкція по експлуатації та ремонту автомобіля ВАЗ 2110

**И.Н. РЫБИН, А.Е. ИСТОМИН**, канд. техн. наук, доцент

### **Модуль температурного мониторинга энергетических установок транспортных средств**

На сегодняшний день в связи с развитием электроники измерение температур как внутри, так и снаружи является одной из главных проблем на современных автомобилях. Такие данные используются для охлаждения клапанов двигателя в случае их перегрева и для запуска двигателя в холодную погоду, а также для выявления перегрева двигателя что может привести к его поломке.

При перегреве двигателя нарушаются работа некоторых деталей и узлов автомобиля, что может привести к их поломке и замене. Сильный перегрев полностью разрушает двигатель автомобиля.

Основные неисправности могут быть такими: головки блока цилиндров могут оказаться искривленными, в поршнях разрушаются межкольцевые перегородки, сальники станут пропускать масло, плавятся и начинают прогорать поршни, перегретое масло теряет свои смазывающие свойства, начинается разрушение всех трущихся деталей.

Целью работы является разработка модуля для измерения температур транспортного средства внутри и снаружи двигателя на базе микроконтроллера ATmega16, а также создание интерфейса данного модуля в программе Labview для интерактивного отображения информации с датчиков и их дальнейшей обработки.

Для достижения поставленной цели на данном этапе решаются такие задачи:

- выбор специализированных программ;
- выбор исполнительных устройств;
- разработка алгоритмов управления и электрической схемы;
- разработка программы для отображения результатов на компьютере;
- проверка работоспособности системы в специализированных компьютерных программах.

В программе Proteus в качестве модели для измерения различных температур взята схема которая включает в себя семь датчиков температур, микроконтроллер ATmega16, виртуальный COM порт. В программе CodeVision AVR создана программа для прошивки микроконтроллера ATmega16.

В программе Labview была смоделирована схема которая получает данные температур от виртуального COM порта программы Proteus для их графического мониторинга.

#### **Список литературы:**

1. *Шнак Ю.А.* Программирование на языке C для AVR и PIC микроконтроллеров. МК-Пресс, Киев, – 2006 400 С.
2. *Климентьев К.Е.* Основы графического программирования в среде LabVIEW. Самар. гос. аэрокосм. ун-т, Самара: -2002-65 С

**А.В. САВЧЕНКО, Д.В. МЕШКОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Расчёт погрешности индицирования ДВС при использовании датчика давления пьезоэлектрического типа**

Вследствие того, что к частотным характеристикам звеньев индикаторных систем, предназначенных для индицирования рабочих ходов высокооборотных двигателей, предъявляются жесткие требования, практически невозможно использовать для этой цели индикаторы механического типа. Частота свободных колебаний подвижной части таких индикаторов невысока (500—1000 гц) и может быть увеличена лишь путем уменьшения масштаба регистрации давлений и площади индикаторной диаграммы буквально до микроскопических размеров (микроиндикаторы), что чрезвычайно затрудняет расшифровку и обработку диаграмм. Поэтому для индицирования рабочих ходов высокооборотных двигателей применяются главным образом индикаторы электрического, пьезоэлектрического и электропневматического типа.

Наиболее ответственным узлом индикатора является датчик давления, к которому предъявляются жесткие требования, основные из них следующие: достаточно высокая собственная частота, высокий уровень выходного сигнала и линейная зависимость его от давления, минимальная чувствительность к изменению температуры, малая чувствительность к вибрации, минимальные размеры, стабильность характеристик во времени и достаточный ресурс работы.

Эти требования противоречивы, поэтому при разработке и изготовлении датчиков приходится принимать компромиссные решения.

Частотный диапазон, чувствительность и нелинейность имеют определённую взаимосвязь. Частотный диапазон датчика определяется процессами, которые необходимо зарегистрировать.

Наилучшими динамическими качествами обладают датчики давления, у которых упругим элементом является мембрана, не имеющая механической связи с преобразователем. Собственная частота их определяется частотой свободных колебаний заземленной мембраны. Примером может служить емкостный датчик, в котором мембрана является подвижным электродом конденсатора преобразователя. Близкие свойства имеют тензометрические датчики давления с тензотрами, расположенными непосредственно на мембране.

Нелинейность характеристики датчика возникает вследствие наличия зазоров в передаточных звеньях и элементов с переменной жесткостью (тензометрические датчики, пьезодатчики) или из-за нелинейности преобразования входного параметра в электрический сигнал (емкостные, индуктивные датчики). В первом случае нелинейность устраняют

предварительным натягом чувствительного элемента и уменьшением жесткости мембраны, а во втором - уменьшением перемещения мембраны или выполняют датчики по дифференциальной схеме (обычно индуктивные).

Температурная чувствительность. При разработке, изготовлении и эксплуатации датчиков давления любого типа особую важность приобретает вопрос о сведении к минимуму влияния температуры. Необходимо различать два вида температурного воздействия: от прогрева датчика до некоторой средней температуры, соответствующей условиям теплового равновесия при установке датчика на двигатель, и от циклических колебаний температуры датчика около этой средней величины во время рабочего процесса двигателя.

Объектом исследования является четырехтактный 4-х цилиндровый дизель 4ЧН12/14, заводская марка СМД-19Т.06. Двигатель разработан в ГСКБД (г. Харьков), его модификации устанавливаются на тракторы, комбайны и автобусы. Данный двигатель - дизель жидкостного охлаждения с непосредственным впрыскиванием топлива в цилиндрическую камеру сгорания в поршне. Дизель оснащен турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха.

Особенностью пьезокварцевого датчика давления в цилиндре дизеля является невозможность регистрации постоянного давления, а только приращения за регистрируемый промежуток времени. С целью учета данной особенности, в методике обработки сигнала датчика давления введена коррекция нулевой линии или расчет термодинамической погрешности.

В основе метода подсчета погрешности лежит уравнение политропы. Ошибка при регистрации давления в цилиндре подсчитывается исходя из уравнения политропы, минимум для 2-х измеренных значений давления при различных углах поворота коленчатого вала  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ .

Наряду со стандартным рассмотрено несколько альтернативных методов определения погрешности, возникающей при индицировании давления пьезоэлектрическими преобразователями: метод двухступенчатого расчёта, метод расчёта со стартовым значением и метод усреднения погрешности по нескольким рабочим циклам.

Проведён сравнительный анализ альтернативных методов определения погрешности, по результатам которого видно, что наилучшие результаты даёт использование метода усреднения погрешностей по нескольким рабочим циклам. В то же время анализ показал, что использование двух других альтернативных методов определения погрешности дали абсолютно идентичный со стандартным методом результат.

#### **Список литературы:**

1. Стефановский Б.С., Скобцов Е.А., Корси Е.К. Испытания двигателей внутреннего сгорания – М., «Машиностроение» 1972, 368 с.
2. Виглеб Г. Датчики. Устройство и применение: Пер с нем. – М.: Мир, 1989. – 196 с.

**Э.З. САФИНА, О.Н. АГАПОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Анализ и рекомендации по снижению потерь топлива на АЗС**

Из опыта эксплуатации АЗС известно, что суточные потери топлива в рабочих резервуарах составляют существенную величину и объяснить их происхождение без специального анализа управляющие АЗС не в состоянии.

В то же время отмечается, что наибольшие потери, как правило, происходят в тех емкостях, в которые осуществляется слив топлива из бензовозов.

Целью данной работы было провести анализ основных потерь топлива, дать рекомендации по их снижению для конкретных АЗС г. Харькова.

Допущения при постановке задачи: в анализе не рассматривается воздействие человеческого фактора на потери (воровство); допускается, что привезенный объем топлива соответствует метрологическому паспорту бензовоза; утечки в рабочих емкостях за счет разгерметизации отсутствуют.

Суточные потери в каждом резервуаре рассчитываются следующим образом:  $V_1 - V_2 = \pm \Delta V$ , где  $V_1$  – объем топлива, проданный через топливораздаточную колонку (ТРК) и зафиксированный счетчиками ТРК;  $V_2$  – объем топлива, отпущенного за смену, замеренный метрштоком;  $\Delta V$  – разница между объемами  $V_1$  и  $V_2$ , со знаком «+» – смена сдана с излишком топлива, а знак «-» – с недостачей.

Сравним анализируемую АЗС с «экологически чистыми» АЗС, у которых потери минимизированы, что позволяет размещать их даже на первых этажах зданий, например, как British Petroleum [ 1 ].

Выводы таковы: слив бензовозов осуществляется непосредственно в емкость без применения современных герметических соединений. Потери составляют 0,3 ÷ 0,4 % от сливаемого объема [ 2 ]; из-за неплотно закрытых горловин для слива на резервуарах (отсутствуют прокладки) потери могут достигать 1,22% емкости [ 2 ]; отсутствует газовая обвязка резервуаров в общую дыхательную систему. Не работают три из пяти дыхательных клапана – потери до 0,41% емкости [ 2 ]; не применяется система улавливания и конденсации паров бензина, вытесняемых из резервуара при сливе, которая снижает потери паров бензина в атмосферу более чем на 75% [ 3 ]; отсутствует специальная площадка для установки автоцистерны при сливе

#### **Список литературы:**

1. Как создать удачную автозаправочную станцию.-М.:United Petroleum & Energy Consultants, 2004. – 136 с.
2. Бондарь В. А. Операции с нефтепродуктами / Бондарь В.А., Зоря Е.И., Цагарели Д. В. – М.: Паритет, 1999. – 349 с.
3. Коршак А. А. Улавливание паров бензина при его приемке в резервуары автозаправочной станции / Коршак А. А., Кулагин А. М. // Нефтегазовое дело. – 2003. – С. 1 - 5

**С.В. СЕМЬЯН, Г.В. КРИВЯКИН**, канд. техн. наук, доцент

### **Активная система рессорного подвешивания с силовым элементом на базе линейного двигателя**

Подвеска современного транспортного средства представляет собой компромисс между управляемостью, устойчивостью и комфортом. Жесткая подвеска обеспечивает минимальные крены, а значит лучшую управляемость и устойчивость. Мягкая подвеска отличается плавностью хода, но при маневрировании приводит к раскачке, ухудшению устойчивости. Поэтому многие производители транспортных средств разрабатывают и внедряют на свои различные конструкции активной подвески.

Под термином «*активная*» понимается подвеска, параметры которой могут изменяться при эксплуатации. Электронная система управления в составе активной подвески позволяет изменять параметры автоматически. Конструкции активной подвески можно условно разделить по элементам подвески, параметры которой изменяются.

Активная подвеска с регулируемыми упругими элементами более универсальна, т.к. позволяет поддерживать определенную высоту кузова и жесткость подвески. С другой стороны такая подвеска имеет более сложную конструкцию (используется отдельный привод для регулирования упругих элементов), поэтому и стоимость ее намного выше. В качестве упругого элемента в активной подвеске используются традиционные пружины, а также пневматические и гидропневматические упругие элементы.

Давление в пневматических упругих элементах создается с помощью пневматического привода, включающего электродвигатель с компрессором. Для изменения жесткости подвески используются амортизаторы с регулируемой степенью демпфирования.

Нами предлагается использование в системе активного подвешивания силовые элементы на базе линейного двигателя электромагнитного типа.

Рабочие свойства линейного двигателя, используемого в качестве силового элемента активной системы подвешивания, определяются величиной тягового усилия и формой его зависимости от перемещения якоря, то есть тяговой характеристикой. Очевидно, что наибольшую эффективность силовой привод имеет в том случае, когда его тяговая характеристика соответствует нагрузочной характеристике механизма подвешивания. На нагрузочную характеристику механизма наклона существенное влияние оказывает место присоединения силового привода в системе.

**Э.В.СЕНЬ, Н.Е. СЕРГИЕНКО** канд. техн. наук, доцент

### **Диагностика и исполнение генератора автомобиля**

В последнее время на автомобилях количество потребителей электрической энергии и их мощность существенно возросли. Режимы работы, диапазон и скорость изменения нагрузок генератора изменились, что привело к более тяжелым условиям эксплуатации основного источника электрической энергии автомобиля. Вспомогательный источник – аккумуляторная батарея, пока не обеспечивает длительную работу энергозависимых систем автомобиля. Поэтому генератор должен обеспечить бесперебойное, стабильное и надежное снабжение электрической энергией потребителей. Это можно достичь при использовании современной конструкции, а также при правильной организации контроля состояния, обслуживания, а при необходимости и ремонта. Выполнению перечисленных работ практически всегда предшествует процесс диагностики.

Для оперативной диагностики генератора необходимы современные технические средства. При диагностике автомобилей могут быть использованы внешние – стационарные или переносные, встроенные и устанавливаемые средства технического диагностирования. Созданные ведущими производителями стационарные технические средства диагностики, имея расширенные функциональные возможности, конструктивно сложны, требуют подготовленного персонала, а самое главное отличаются высокой стоимостью диагностики. Встроенные в автомобиль средства диагностики не всегда обеспечивают достаточной информацией для определения причин отказа генератора. Учитывая вышесказанное, предлагается для диагностики генератора использовать устанавливаемое устройство, конструкция которого обеспечивает достаточной информацией.

Одним из направлений решения проблемы повышения надежности систем энергоснабжения является применение бесконтактных синхронных генераторов. Отсутствие скользящего контакта в таких машинах в значительной степени повышает надежность и долговечность, снижает требования к квалификации обслуживающего персонала. Все многообразие исполнения бесконтактных синхронных генераторов можно разделить на 3 основных класса:

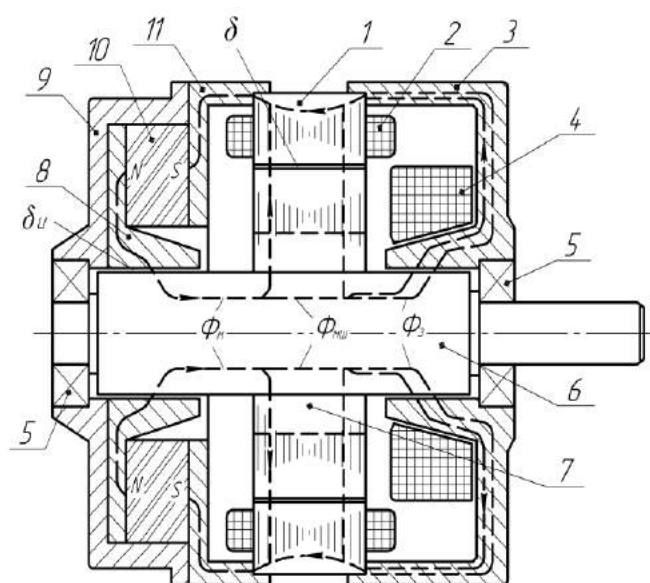
- с электромагнитным возбуждением,
- с возбуждением от постоянных магнитов,
- с комбинированным возбуждением (рис. 1).

Машины с электромагнитным возбуждением (индукторные, с вращающимся выпрямителем и др.) обладают существенным с точки зрения использования в электрооборудовании автомобиля недостатком: не

обеспечивают самовозбуждения генератора при отсутствии аккумуляторной батареи либо при ее разряде.

Использование генераторов с постоянными магнитами заметно усложняет устройство регулятора напряжения ввиду широкого диапазона изменения частот вращения, а следовательно, и выходного напряжения.

В связи с этим перспективным следует признать использование на автомобилях синхронных индукторных генераторов с комбинированным возбуждением, где постоянные магниты ротора предназначены в основном для обеспечения самовозбуждения, а обмотка возбуждения позволяет поддерживать выходное выпрямленное напряжение на заданном уровне. Диагностику его состояния целесообразно осуществлять устанавливаемым устройством, работающим по оригинальному алгоритму.



1 – якорь, 2 – обмотки якоря, 3 – передняя крышка генератора, 4 – обмотка возбуждения, 5 – подшипник, 6 – вал, 7 – индуктор, 8 – втулка постоянного магнита со стороны полюса, 9 – задняя крышка генератора, 10 – постоянный магнит, 11 – втулка постоянного магнита со стороны полюса

Рис. 1 – Генератор с комбинированным возбуждением

#### Список литературы:

1. Афанасьев, А. А. Модель индукторного электрогенератора с комбинированным возбуждением / Афанасьев А. А., Ефимов В. В. // Электричество. - 2009. - № 7. - С. 28-32.

2. Утляков Г. Н., Куляпин В.М., Бовтрикова Е.В. Комбинированные системы регулирования напряжения синхронных генераторов. – М.: Издательство МАИ, 1998. – 224 с.



**С.А. СИДОРЕНКО, О.Н. АГАПОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Анализ и внедрение современных методов контроля расхода топлива на АЗС**

Стоимость автомобильного топлива постоянно растёт, а, следовательно, финансовые издержки АЗС увеличиваются из года в год за счёт потерь, если даже их величин удерживается на постоянном уровне. На конец 2000 года стоимость 1 литра А-95 в Украине составляла около 2 грн [1]. И в настоящее время увеличилась более чем в 5 раз.

Одним из шагов на пути сокращения потерь на АЗС является использование надёжного и достоверного способа измерения остатков топлива в ёмкостях АЗС при его приёме, отпуске и инвентаризации.

Постановка данной задачи была обусловлена потребностью конкретной АЗС г.Харькова, а рекомендации должны были учитывать финансовую целесообразность существенных капиталовложений.

Анализируемая АЗС имеет пять рабочих резервуаров по 25 м<sup>3</sup> каждый. Средняя реализация за сутки – 7000 л. Замеры остатков топлива осуществляются с помощью метрштока и градуировочных таблиц на каждую ёмкость. Поверка резервуаров проводилась объёмным методом и утверждена ГП «Харьковстандартметрология». Погрешность определения вместимости – 0,2 % [2].

Следует отметить, что точность измерения уровня жидкости с помощью метрштока определена ГОСТом 8.045-80 в пределах 4мм, что в стоимости эквивалент топлива составляет около 450 грн на одну ёмкость, а для рассматриваемой АЗС цена ошибки 2250 грн в сутки. И хотя этому методу более двух столетий, он широко используется на территории Украины до сегодняшнего дня. Кроме низкой точности, выполнение измерений вручную сопряжено с частыми нарушениями операторами АЗС правил техники безопасности, противопожарных норм и экологических требований при обращении с ГСМ.

На смену метрштоку в настоящее время приходят уровнемеры, которые позволяют не только автоматизировать учёт запасов топлива, но и лучше контролировать работу АЗС, решая следующие ключевые задачи:

- сокращение и предотвращение потерь топлива;
- предотвращение утечек;
- контроль за ситуацией на АЗС и формирование отчетов по всей сети;
- повышение эффективности логистики поставок топлива;
- удобство в использовании и обслуживании.

В мировой практике хорошо себя зарекомендовали уровнемеры известных производителей GILBARCO Veeder-Root (серия TLS) [3], OPW Integra (серия Sitesentinel) , которые позволяют измерять не только уровень топлива, но и его

температуру, плотность, вычислить объем и массу. Единственным недостатком указанных изделий является цена: более 15000 USD для рассматриваемой АЗС. Более приемлемым, с точки зрения функциональных возможностей, является российский уровнемер «Струна-М», который обеспечивает:

- высокоточное дистанционное измерение уровня, температуры, плотности топлива в резервуарах АЗС;
- возможность автоматизации учета движения нефтепродуктов;
- автоматический контроль герметичности резервуаров;
- предотвращение перелива топлива при наполнении резервуаров;
- значительное сокращение времени простоя АЗС при передаче смены.

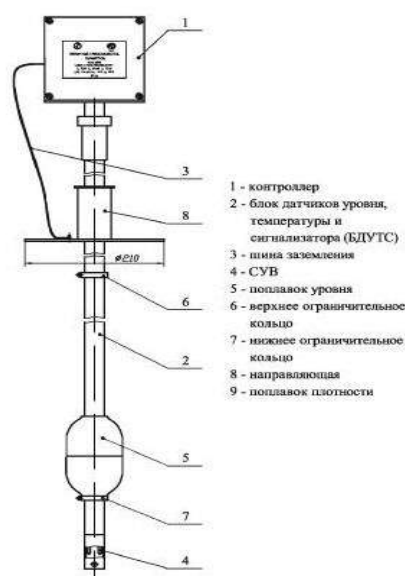


Рис.1 – Уровнемер «Струна М»

На основе проведенного анализа можно сформулировать следующие выводы:

1. Для повышения точности текущих замеров уровня топлива следует внедрить постоянное использование бензочувствительной пасты, а для определения уровня подтоварной воды – водочувствительной пасты Владыкина [6].

2. В период проведения планируемой реконструкции АЗС, целесообразно установить в каждую ёмкость датчики измерительной системы «Струна-М», стоимость которой не превысит 5000 USD.

#### Список литературы:

1. АЗС-бука// Ежегодное приложение к буклетам «Газ&Нефть» - 2001г – С. 452.
2. Градуировочные таблицы на резервуары для хранения ГСМ // ГП «Харьковстандартметрология» - 2009г – С. 62.
3. Сайт <http://www.gilbarco.ru>.
4. Сайт <http://www.ynvents.com>.
5. Сайт <http://www.ynvents.com>.
6. Сайт <http://www.paste.ru>.

**И.Н. СЛИПЧЕНКО, В.Г. МАСЛИЕВ**, докт. техн. наук, профессор

### **Исследование прочности гибкой оболочки пневморессоры для дизель-поезда**

В связи с тем, что в настоящее время на Украине осваивается производство дизель-поездов для пригородного сообщения, актуальной является задача повышения их конкурентоспособности, в том числе по уровню комфорта для пассажиров. Решить эту задачу можно путем применения вместо металлических -пневматических рессор. Отечественная промышленность имеет опыт постройки тепловозов и вагонов на пневматических рессорах. Успешно эксплуатировались тепловозы серии 2ТЭ116, 2ТЭ10Л, пассажирские вагоны модели 68-7041 и др. Одним из основных элементов пневматической рессоры является гибкая оболочка, от прочности которой зависит надежность транспортного средства в целом.

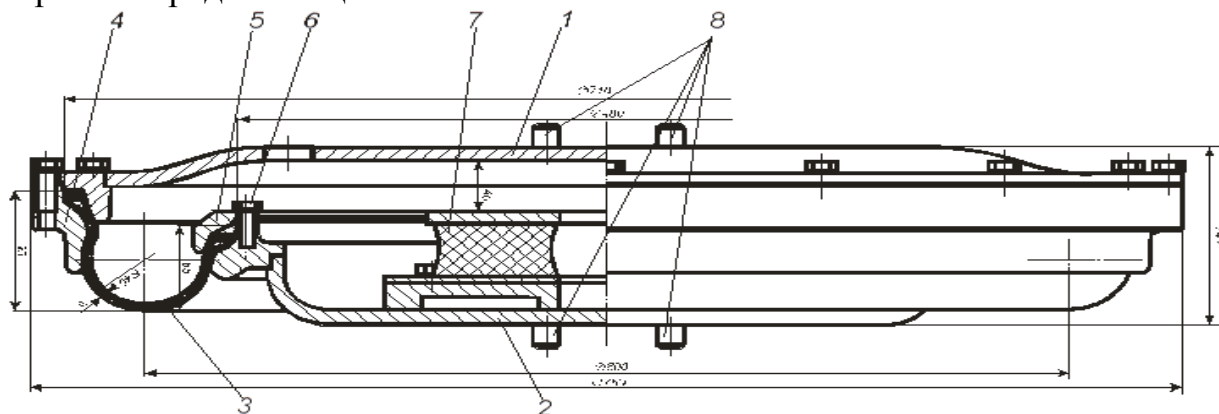


Рис 1. – Пневматическая рессора

Пневматическая рессора (рис. 1), состоит из верхнего 1 и нижнего 2 днищ, к которым прикреплена гибкая оболочка 3, закрепленная с помощью конических колец 4 и 5 посредством болтов 6. Резиновый амортизатор 7, установленный в центре, обеспечивает работу рессорного подвешивания при отсутствии воздуха в пневморессоре. Установочные штифты 8 – по два на верхнем и нижнем днищах предохраняют пневморессору от поперечных смещений и поворотов.

Произведен расчет гибкой оболочки на прочность в случае применения ее на дизель поезде ДЛ-002, при следующих исходных данных: давление воздуха (в статике) внутри пневморессоры 0,5 МПа, модуль упругости материала оболочки (Адилен 100) варьировался от 26 МПа до 72 МПа, допустимое напряжение на разрыв 30 МПа, геометрические размеры гибкой оболочки показаны на рис. 2.

Анализ исследования показал, что напряжения возрастают по мере увеличения радиуса гофра гибкой оболочки (рис. 3). При меньшем значении

модуля упругости материала они остаются неизменными в диапазоне радиусов гофра от 40–50 мм, а затем возрастают по линейному закону, но не превышают допустимых значений напряжений с коэффициентом запаса не менее 3.



Рис. 2. – Гибкая оболочка в формате 3D, которая построена с помощью программы Solid Works

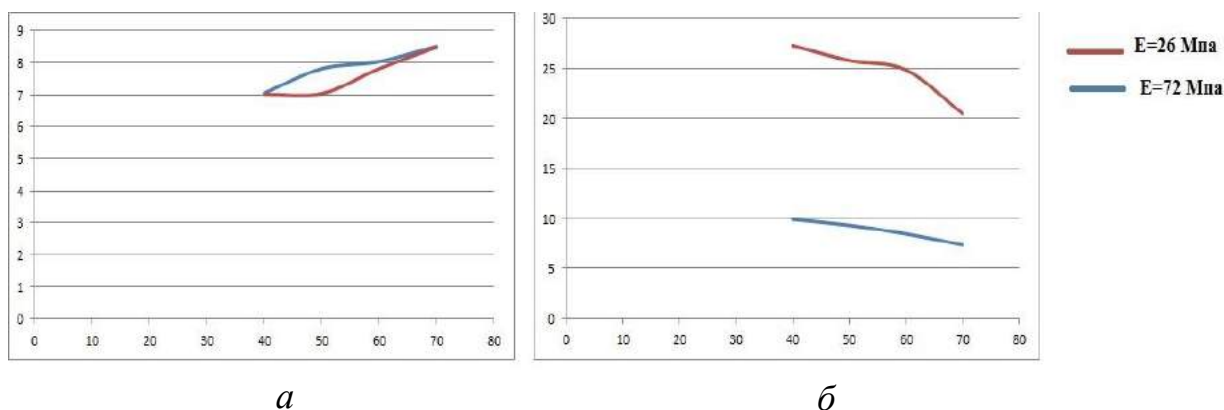


Рис. 3 – Зависимость гибкой оболочки от радиуса гофра: *а* – напряжений, *б* – деформаций в материале

Увеличение модуля упругости материала приводит вначале к быстрому возрастанию напряжений, но при дальнейшем увеличении радиуса до 70 мм напряжения становятся независимыми от модуля упругости.

Деформации гофра существенно зависят от модуля упругости, поэтому при назначении материала для оболочки целесообразно брать материал с большим модулем упругости, чтобы избежать возможных касаний гофра с близко расположенными частями тележки.

#### Список литературы:

1. Пневматическое рессорное подвешивание тепловозов / Куценко С.М., Елбаев Э.П., Кирпичников В.Г., Маслиев В.Г., Рубан А.Н. [Текст]: Под ред. С.М.Куценко. – Харьков: Вища школа, 1978. – 97 с.
2. Райт П., Камминг А. Полиуретановые эластомеры. [Текст]: Пер. с англ. под ред. докт. хим. наук Н.П.Анухтиной. Л.: Химия, 1973. – 304 с.

**В.С. СОПЕЛЬНИК, И.В. КОСТЯНИК**, канд. техн. наук, доцент

### **Структурно-параметрический синтез системы стабилизации лазерного луча танкового прицела-дальномера**

Системы стабилизации основного вооружения представляют собой специальные системы автоматического регулирования, предназначенные для наведения вооружения в цель и сохранение (стабилизации) заданного наводкой направления оси канала ствола пушки при колебании корпуса танка, ведущего огонь с ходу.

Наземные подвижные объекты специального назначения (танки, гусеничные и колёсные бронетранспортеры, полицейские автомобили) оснащены приборами наблюдения за целью или объектом преследования. При движении в условиях бездорожья поддрессоренная часть подвижного объекта совершает вертикальные, продольно-угловые и поперечно-угловые колебания, затрудняющие наблюдение. В этой связи на таких объектах используются стабилизаторы поля зрения прибора наблюдения. Впервые такие стабилизаторы нашли применение в середине 60-х годов минувшего столетия в танковых прицелах советских танков Т-64 и некоторых зарубежных танков. Стабилизация поля зрения танковых прицелов осуществлялась с помощью трехстепенного гироскопа, выполнявшего одновременно функцию гироскопического датчика угла. Ось внешней рамки гироскопа механической передачей была связана с осью поворота подвижного зеркала прицела. В связи с тем, что оси трехстепенного гироскопа сохраняют неподвижное положение в пространстве, неподвижное положение занимала и так называемая линия прицеливания, направление которой определяло направление поля зрения прицела. Стабилизация танковой пушки осуществлялась относительно стабилизированной линии прицеливания, причем точность стабилизации пушки определялось как точностью стабилизатора пушки, так и точностью стабилизатора линии прицеливания.

Известно, что вибрации и колебания поддрессоренной части наземного подвижного объекта приводят к высокочастотным прецессионным и нутационным колебаниям рамок трехстепенного гироскопа, что снижает точность стабилизации поля зрения прибора наблюдения. В этой связи в стабилизаторах поля зрения приборов наблюдения переходят от силовой стабилизации подвижного зеркала к индикаторной стабилизации, когда связь между трехстепенным гироскопом и подвижным дзеркалом прибора наблюдения осуществляется не с помощью механической передачи, а с помощью электронной следящей системы. Благодаря фильтрующим свойствам исполнительного электродвигателя, осуществляющего поворот подвижного зеркала прибора наблюдения, в стабилизаторе индикаторного типа происходит частичная фильтрация высокочастотных колебаний рамок гироскопа, что

приводит к повышению точности стабилизации поля зрения прибора наблюдения [1].

В приборах наблюдения наземных подвижных объектов, использующих стабилизаторы поля зрения индикаторного типа, осуществляется интенсивный переход от аналоговых стабилизаторов к цифровым, способным реализовать сложные алгоритмы стабилизации, доставляющие стабилизаторам высокую точность.

Попытки реализовать с помощью бортовой цифровой вычислительной машины алгоритмы стабилизации, разработанные для электронных блоков стабилизации аналогового типа, как правило, оканчивались неудачей вследствие ошибок, возникающих при квантовании по времени высокочастотных аналоговых сигналов. В этой связи при разработке цифровых систем стабилизации поля зрения приборов наблюдения наземных подвижных объектов весьма актуальной является проблема выбора структуры и значений варьируемых параметров алгоритмов стабилизации, обеспечивающих высокую точность стабилизации поля зрения относительно заданного направления.

При индикаторной стабилизации поля зрения гироскоп и зеркало прибора наблюдения разъединены, а связь между ними осуществляется через следящий привод дистанционной передачи угла.

В состав такой системы (рис. 1) входят:

- гироскопический датчик угла;
- вращающийся трансформатор ОТ, ротор которого установлен на соеи внешней рамки ЗРГдк гироскопа, а статор соединен с основой;
- усилитель Пс;
- исполнительный двигатель ВД;
- редуктор Ред;
- верхнее (подвижное) зеркало ВДз прибора наблюдения, ось оборота которого параллельна оси ЗРГдк;
- вращающийся трансформатор ОТзз обратной связи, ротор которого установлен на оси зеркала ВДз, а статор соединен с основой.

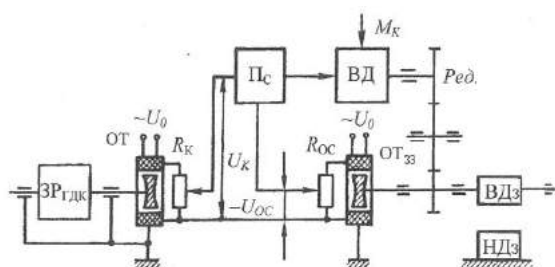


Рисунок 1 – Индикаторный стабилизатор поля зрения

#### Список литературы:

1. Е.Е. Александров Автоматическое управление движущимися объектами и технологическими процессами : Уч. Пособие : в 4 т. – Т. 3 : Автоматическое управление вооружения танков / О. К. Аблесимов, Е.Е. Александров, И.Е. Александрова; Харьков : НТУ «ХПИ», 2008. – 444с.

**А.Г. СОСУЛЄВ, В.Б. САМОРОДОВ**, докт. техн. наук, професор

**Дослідження впливу конструкційних параметрів автомобіля на його тягово-економічні показники**

Незважаючи на швидкий розвиток автомобільної промисловості, кожного дня шукаються нові методи поліпшення тягово-економічних показників за рахунок вдосконалення конструкційних параметрів автомобіля. Оптимізація конструктивних параметрів автомобіля є одним з найбільш важливих шляхів підвищення технічного рівня, продуктивності, економічності й ефективності використання автомобільного транспорту. Тягово-економічними властивостями автомобіля називають сукупність властивостей, які визначають можливі за характеристиками двигуна або зчеплення провідних коліс з дорогою діапазони зміни швидкостей руху і граничні інтенсивності розгону і гальмування автомобіля при його роботі на тяговому режимі в різних дорожніх умовах. Тяговим прийнято вважати режим, при якому від двигуна до провідних коліс підбивається потужність, достатня для подолання зовнішніх опорів руху. Показники тягово-швидкісних властивостей автомобіля (максимальна швидкість, прискорення при розгоні або уповільнення при гальмуванні, сила тяги, ефективна потужність двигуна, підйом, який може здолати в різних дорожніх умовах автомобіль, динамічний фактор, швидкісна характеристика) визначаються проектувальним тяговим розрахунком. Він передбачає визначення конструктивних параметрів, які можуть забезпечити оптимальні умови руху, а також встановлення граничних дорожніх умов руху для кожного типу автомобіля.

На данному етапі розвитку автомобільної промисловості для підвищення тягово-економічних показників запобігають до вдосконалення конструкції двигуна, кузова, компоновальної схеми трансмісії та ін. Дослідження на математичній моделі показали, що вибором раціональної форми швидкісної зовнішньої характеристики двигуна можливо скоротити час розгону на 8-13% без зміни потужності двигуна, а збільшення робочого об'єму двигуна від 1,1л до 1,3л поліпшує показники розгону автомобіля з місця до швидкості 100км/год на 24,1%, а в діапазоні поширених швидкостей замського руху (80-120км/год) на 30,1%. Порівнянням розрахованого часу розгону при повному або частковому використанні потужності двигуна із одержаними за аналогічних умов даними випробувань автомобіля ЗАЗ-11024 на лабораторному стенді підтверджена придатність розробленої моделі та алгоритму до оцінки динамічності автомобіля при різному відкриванні дросельних заслінок в карбюраторі за змінними законами управління.

Тому актуальною задачею є розрахунок таких конструкційних параметрів автомобіля, при яких будуть досягнуті максимально ефективні тягово-

динамічні показники. На прикладі автомобіля ВАЗ 2110 представлені залежності моменту від обертів двигуна, а також динамічний фактор.

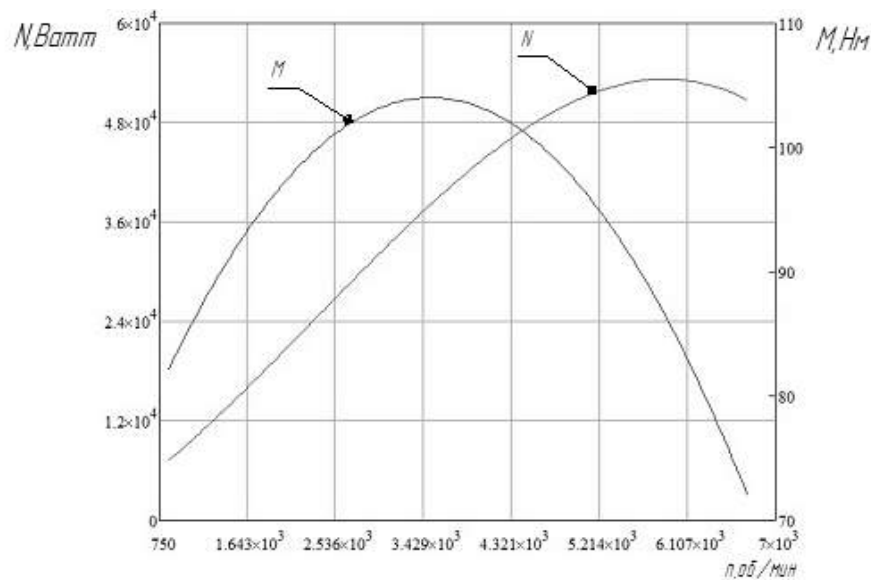


Рис. 1 – Зовнішня характеристика двигуна

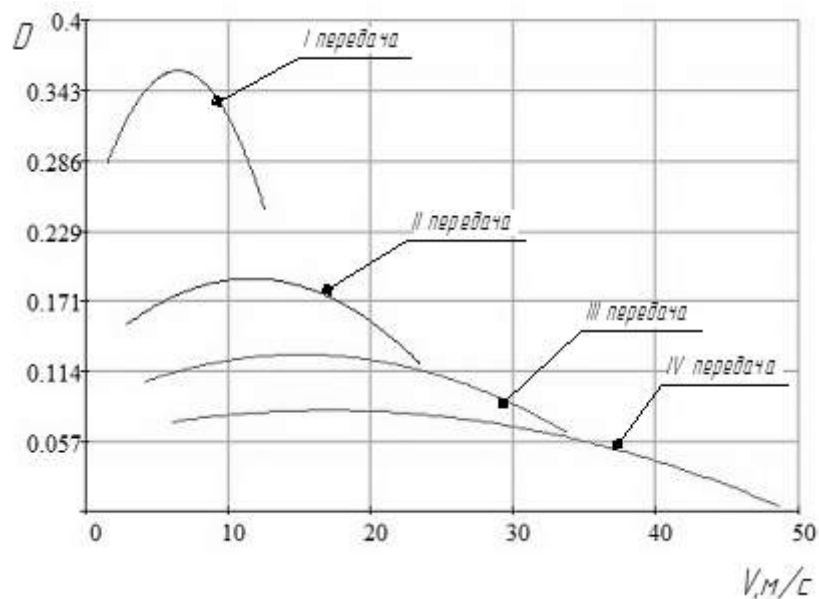


Рис. 2 – Динамічний фактор автомобіля

### Список літератури:

1. Сирота В.І. Основи конструкції автомобілів: навчальний посібник. – К.: Арістей, 2005. – 280 с.
2. Будова автомобілів / Боровських Ю.І., Буральов Ю.В., Морозов К.А. Пер. з рос. В.В.Клінченка. – К.: Вища школа, 1991. – 303 с.
3. Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Ю.И. Боровский, Ю.В. Буралев, К.А. Морозов и др. – М.: Высшая школа, 1997. – 528 с.



**Д.В. СТЕПАНЕНКО, А.Е. ИСТОМИН**, канд. техн. наук, доцент

### **Стенд для проверки проливной способности форсунок**

Форсунка предназначена для подачи топлива в двигатель определенными дозами, распыления топлива в камере сгорания и для образования топливно-воздушной смеси, поэтому форсунка является важным элементом автомобиля, и от ее состояния зависит качество эксплуатации и долговечность двигателя.

Основные неисправности форсунки заключаются в нарушении регулировки давления начала впрыска топлива, заедании иглы, засорении отверстий распылителя.

Все эти неисправности приводят к ухудшению распыла топлива, вследствие чего появляются перебои в работе цилиндров, стуки, увеличивается дымность выпуска и падает мощность двигателя. Проверка форсунок производится на специальном стенде. Поэтому был разработан стенд с микропроцессорным управлением для проверки проливной способности форсунок.

Целью работы является разработка стенда предназначенного для проверки проливной способности форсунок, алгоритма работы данного стенда и создание программы для моделирования данной задачи на компьютере.

Для достижения поставленной цели на данном этапе решаются такие задачи:

- выбор специализированных программ;
- выбор исполнительных устройств;
- разработка алгоритмов управления и электрической схемы;
- разработка программы для проверки проливной способности форсунок на компьютере;
- проверка работоспособности системы в специализированных компьютерных программах.

Разработана электронная система для проверки проливной способности форсунок. Разработана электрическая схема данной системы. Создана программа в которой проведена проверка алгоритма работы системы в специализированных компьютерных программах.

Разработанный стенд подтвердил свою работоспособность в условиях экспериментов проведенных в специализированных компьютерных программах.

#### **Список литературы:**

1. *Шнак Ю.А.* Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. МК-Пресс, Киев, – 2006 – 400 С.
2. *Николаенко В. А., Лешик А.Н.* Руководство по эксплуатации, техническое обслуживание, ремонт, особенности конструкции, электросхемы. Киев "Автомастер", – 2004 – 185 С.

**Д.М. ТИМОФЕЕВ, А.Д. АРТЮШЕНКО**, докт. техн. наук, профессор

### **Исследование зависимости эффективности торможения автомобиля малого класса от качества обслуживания и эксплуатационный факторов**

Тормозные свойства автомобиля относятся к важнейшим свойствам, определяющим безопасность автомобиля. Основной внешней силой, которая снижает скорость автомобиля при торможении является тормозная сила. Кроме указанной силы в процессе торможения участвуют силы сопротивления качению шин, сила сопротивления воздуха, сопротивление в трансмиссии и сопротивление подъему. При торможении происходит изменение вертикальной нагрузки на оси см. рис.1.

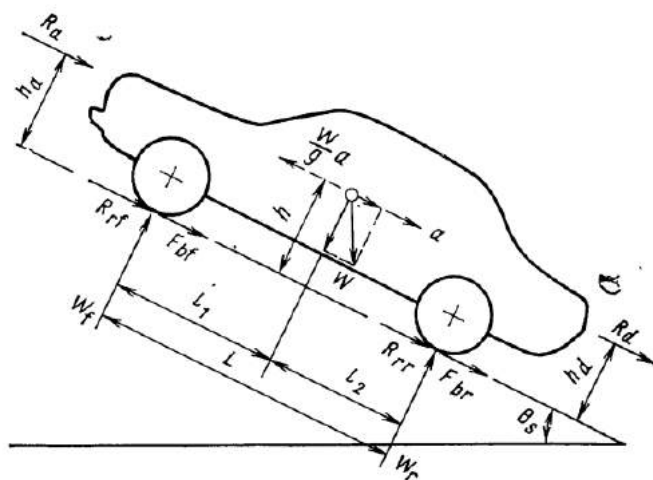


Рис.1 - Силы действующие на автомобиль при торможении

Тормозная сила колеса определяется вертикальной нагрузкой на него и коэффициентом сцепления с дорогой. При достижении тормозной силы величины сцепления колеса с дорогой возможно наступление юза шины. Распределение тормозных сил между осями зависит от конструкции тормозной системы (давление в тормозной системе, регулировок). Наиболее благоприятным является распределение тормозной силы такое, при котором тормозные силы на передних и задних шинах максимальные. Когда задние шины блокируются первыми автомобиль теряет курсовую устойчивость, а когда первыми блокируются передние шины автомобиль теряет управляемость. Потеря управляемости может быть ликвидирована некоторым снижением тормозной силы. При блокировке задних колес и отклонении автомобиля на определенный угол ситуация непоправима [1].

В работе оценивается процесс торможения легкового автомобиля малого класса при полном и неполном использовании сил сцепления, а также

оценивается влияние на процесс торможения технического состояния тормозной системы. В качестве оценочных показателей эффективности торможения используется установившееся замедление, соответствующее движению автомобиля при постоянном усилии воздействия на тормозную педаль и минимальный тормозной путь от момента нажатия на педаль до остановки автомобиля. Оцениваются также условия возникновения блокировки колес переднего и заднего мостов.

В результате расчетов наиболее целесообразно распределение нагрузки на переднюю и заднюю оси должно быть:

$$W_f = \frac{1}{L} [Wl_2 + h(F_b + f_r W)]; \quad (1)$$

$$W_r = \frac{1}{L} [Wl_1 - h(F_b + f_r W)]; \quad (2)$$

Следовательно была построена зависимость оптимального коэффициента распределения тормозных сил от коэффициента сцепления для легкового автомобиля см. рис. 2

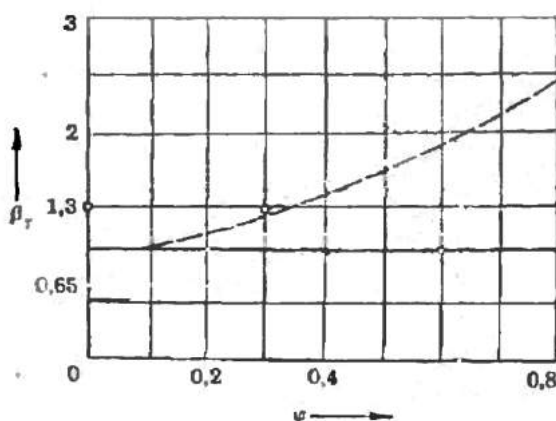


Рис. 2 – Оптимальная зависимость распределения.

### Список литературы:

1. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств / Дж. Вонг // Москва Машиностроение . – 1982 - С.142-144.
2. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория / А.И. Гришкевич // Минск Вышэйшая школа. – 1986 - С. 90-93.

**Д.М. ХАЛИН, А.І. БОНДАРЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Дослідження перехідних процесів в пневматичному приводі вантажних автомобілів**

Суттєвим чинником, що впливає на час спрацювання пневматичного гальмівного приводу (ПГП) вантажних автомобілів є схема приводу та перехідні процеси в ньому.

Найпоширенішим методом для опису перехідних процесів в ПГП при робочому гальмуванні є метод Метлюка М.Ф. [1]. За методом Метлюка М.Ф. математична модель ПГП складається на основі балансу миттєвих масових витрат у вузлах пневмоланцюгів з використанням гіперболічної функції миттєвої масової витрати через дросель [1].

Метою даної роботи є визначення часу спрацювання ПГП вантажного автомобіля КрАЗ-6510.

Об'єктом дослідження виступають перехідні процеси в ПГП. При цьому в якості базового ПГП обрано робочу гальмівну систему автомобіля КрАЗ-6510, що має наступні типові параметри: довжини сполучних трубопроводів знаходяться в діапазоні від 0,8 до 5,6 м; діаметри трубопроводів прийняті 10 мм; в якості виконавчого апарату ПГП прийнято гальмівну камеру типу 30, початкові данні для розрахунків взято з робіт [2 – 3].

Особливістю ПГП КрАЗ-6510 є те, що він складається з двох незалежних контурів, пов'язаних з гальмівним краном: верхня секція з контуром заднього моста – перший контур, нижня з контуром середнього та переднього мостів – другий контур. Обсяг ресиверів першого контуру складає 40 літрів, другого – 60 л.

Для моделювання перехідних процесів в ПГП створена програмна реалізація, що розроблена в системі Matlab за допомогою підсистеми моделювання динамічних процесів Simulink.

За результатами розрахунків встановлено, що час спрацювання ПГП складає 0,535 с, час розгальмовування 1,14 с. ПГП автомобіля КрАЗ-6510 відповідає діючим стандартам.

#### **Список літератури:**

1. Метлюк Н.Ф. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобиля / Н.Ф. Метлюк, В.П. Автушко. – М.: Машиностроение, 1980. – 231 с. – (Библиотека конструктора).
2. Руководство по эксплуатации автомобилей КрАЗ – 6510; 651001; 6444; 65101. – Кременчуг: Кременчугский автомобильный завод, 2003. – 200с.
3. Краткий автомобильный справочник в 4 т. Том 4. Специальные и специализированные автомобили. Ч. 1 “Фургоны, самосвалы, цистерны, платформы, тягачи специальные, прицепы-ропуски России и стран СНГ”. – М.: “Транспорт”, 2006. – 448 с.

**ХАСАН МАНСУР, А.І. БОНДАРЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Дослідження динаміки процесу гальмування сучасних вантажних автомобілів**

З метою підвищення керованості та стійкості сучасні автомобілі обладнуються електронними гальмівними системами або ж електронними системами стабілізації, до складу яких входить антиблокувальна система, тобто замкнутими системами автоматичного керування гальмуванням (ЗСАКГ). Нажаль, на даний момент не всі вантажні автомобілі обладнуються такими системами. Вибір способу гальмування за відсутності ЗСАКГ залишається актуальним питанням донині.

Дослідженню процесу гальмування автомобілів з використанням «плоскої» моделі автомобіля присвячені роботи [1–5].

Метою даної роботи є дослідження процесу гальмування вантажних автомобілів з пневматичним гальмівним приводом (ПГП) на прикладі вантажного автомобіля КрАЗ-6510 з використанням «плоскої» моделі.

Для моделювання процесу гальмування автомобіля КрАЗ-6510 створена програмна реалізація, що розроблена в системі Matlab за допомогою підсистеми моделювання динамічних процесів Simulink.

В разі відсутності ЗСАКГ на автотранспортному засобі добитися водієві одночасного збереження гальмівної ефективності, керованості і стійкості не представляється можливим. При блокуванні коліс спостерігається не значне зменшення гальмівної ефективності зі втратою при цьому керованості і стійкості. При ступінчастому та переривчастому гальмуванні спостерігається збереження керованості і стійкості при незначній втраті гальмівної ефективності.

#### **Список літератури:**

1. Булгаков Н.А. Исследование взаимодействия автомобиля с дорогой в процессе торможения: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 “Автомобили и тракторы” / Н.А. Булгаков. – Харьков, 1973. – 29 с.
2. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [Подригало М.А., Волков В.П., Кирчатый В.И., Бобошко А.А.] – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2002. – 403 с.
3. Пчелин И.К. Динамика процесса торможения автомобиля: автореф. дис. на соискание уч. степени доктора техн. наук: спец. 05.05.03 “Автомобили и тракторы” / И.К. Пчелин. – М., 1984. – 39 с.
4. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля: учебн. [для студ. высш. учебн. зав.] / Д.А. Чудаков. – М.: “Колос”, 1972. – 384 с.
5. Цитович И.С. Динамика автомобиля / И.С. Цитович, В.Б. Альгин. – Минск: “Наука и техника”, 1981. – 191 с

**В.О. ХИЖНЯК, В.О. ПИЛЬОВ**, докт. техн. наук, професор

### **Застосуванні комплексу заходів щодо зменшення теплонапруженості поршня середньообертового транспортного дизеля**

Тенденція розвитку світового двигунобудування передбачає збільшення літрової потужності двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), що в свою чергу торкається питання їх надійності. У повній мірі це стосується середньо-обертових транспортних дизелів.

Збільшення літрової потужності дизеля завжди тягне за собою зростання теплонапруженості поршня. При цьому поршень є однією з найбільш теплонапружених і ресурсовизначальних деталей двигуна. Це пов'язано з інтенсивним підводом теплоти від робочого тіла до вогневого донця поршня і суттєво обмеженим тепловідведенням від нього.

Існує багато способів забезпечення надійної роботи поршнів високофорсованих дизелів. Для підвищення їх надійності часто застосовують ряд заходів щодо зменшення його температурного стану. Більшість з цих заходів них призводить до значного ускладнення і дорожчання конструкцій, наприклад, заміна цілнелитого алюмінієвого поршня середньообертового дизеля складеним зі сталеву накладкою на його донці.

Таким чином, актуальною є задача, що спрямована на підвищення надійності середньообертового транспортного дизеля на основі застосування комплексу заходів щодо зменшення теплонапруженості цілнелитого алюмінієвого поршня при раціональному ускладненні його конструкції.

В ході проведення ряду досліджень було виконано комплексний розрахунок температурного стану поршня дизеля 6ЧН21/21 та порівняльний аналіз різних комбінацій конструктивних заходів щодо забезпечення теплонапруженого стану. Було застосовано ряд конструкторсько-технологічних рішень до поршня базової комплектації, а саме: виконання порожнини охолодження, нанесення корундового покриття на поверхні днища поршня та застосування спеціальної вставки.

За результатами проведених досліджень було виявлено, що запропоновані конструкторсько-технологічні рішення дозволяють знизити теплонапружений стан поршня або збільшити ефективну потужність двигуна на 22 %. Також встановлено, що при збільшенні коефіцієнту тепловіддачі в систему масляного охолодження поршня існує можливість подальшого форсування двигуна. Однак остання вимога потребує удосконалення конструкції масляної охолоджуючої порожнини.

**Д.В. ЧАЙКА**, **Г.А. АВРУНИН**, канд. техн. наук, доцент

**Анализ конструкции аксиальнопоршневых насосов серии  
PW085 – PW096 фирмы POCLAIN HYDRAULICS**

Новинкой 2013г. является серия PW085 – PW96 аксиальнопоршневых насосов с наклонным диском и регулируемым рабочим объемом предназначена для работы в тяжелонагруженных объемных гидроприводах ОГП (Heavy-duty) с замкнутой системой циркуляции рабочей жидкости РЖ, представленная на рынке фирмой «POCLAIN HYDRAULICS» (Франция). На рис. 1. приведена гидравлическая принципиальная схема насоса с возможно полной комплектацией, предлагаемой фирмой.

Насос подпитки Нп нагнетает постоянно РЖ в систему подпитки через обратные клапаны, входящие в блоки предохранительных клапанов КП1 и КП2, и систему управления ( $p_y$ ) при подведенном электропитании к магниту У3 гидрораспределителя Р3. Гидрораспределители Р1 и Р2 (условно показаны как трехпозиционные трехлинейные, с пружинным возвратом в нерабочее положение при отсутствии электропитания на магнитах) обеспечивают поочередно подвод РЖ к системе гидравлического управления перемещением наклонного диска насоса Н.

В состав предохранительных клапанов КП1 и КП2 входят обратные клапаны (подпиточные) и задвижки, обеспечивающие при их открытии объединение магистралей *А* и *В* насоса Н на режиме буксировки транспортного средства при неработающем приводящем двигателе «М».

Гидрораспределитель Р3 (двухпозиционный двухлинейный с электромагнитным управлением) обеспечивает подвод РЖ к гидрораспределителям с электрическим пропорциональным управлением Р1 и Р2 при подаче электропитания на его магнит У3. При отключении электропитания гидрораспределитель с помощью пружины устанавливается в положение (как показано на схеме), при котором РЖ к гидрораспределителям Р1 и Р2 не поступает. При этом в независимости от положения золотников гидрораспределителей Р1 и Р2 наклонный диск насоса автоматически устанавливается в нейтральное положение и подача насоса Н прекращается. Дроссель ДР3 обеспечивает перетекание РЖ в корпус насоса из любого, находящего в этот момент гидрораспределителя Р1 или Р2 в рабочем (при подведенном электропитании к магниту У1 или У2, соответственно) положении.

Фирма предлагает два типа фланцев для крепления насоса, специальное наружное покрытие корпуса и поставку насоса в минимально возможной комплектации, удобной для потребителя.

Обозначение внешних отверстий на насосе:

*А* и *В* – отверстия для сообщения основных магистралей насоса с гидромотором;

$S$  – отверстие всасывание насоса подпитки Нп;

M1 и M2 – отверстия для подсоединения манометра или датчика давления в основные магистрали  $A$  и  $B$ ;

M3 – отверстие для подсоединения манометра или датчика давления в линию нагнетания насоса подпитки Нп;

M4 и M5 – отверстия для подсоединения манометров или датчиков давления в каналы управления наклонным диском регулирования рабочего объема насоса Н;

T1 и T2 – отверстия для отвода дренажных утечек из корпуса основного насоса Н;

T3 – отверстие для контроля температуры в корпусе насоса Н;

T4 – отверстие для монтажа датчика частоты вращения;

E и D – входное и выходное отверстия, соответственно, для фильтра в линии нагнетания насоса подпитки Нп.

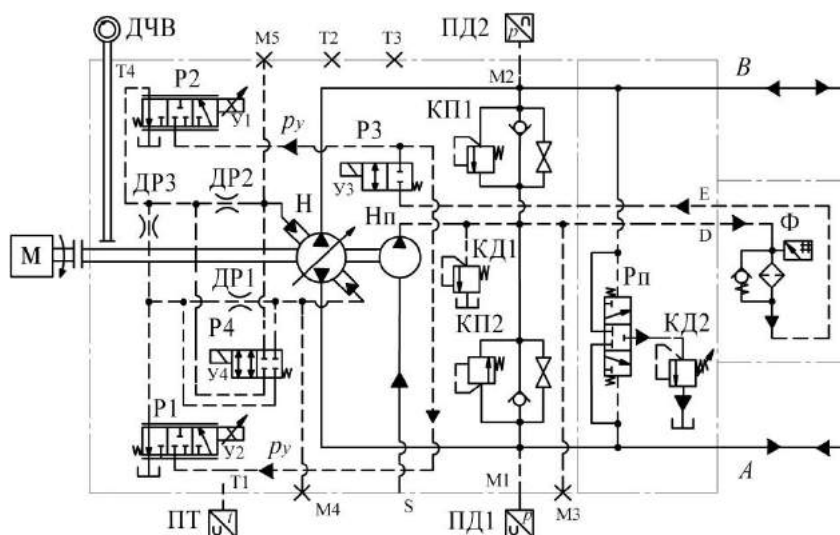


Рис. 1 – Гидравлическая принципиальная схема насоса серии PW085 – PW096 фирмы POCLAIN HYDRAULICS в максимально возможной комплектации.

Система управления постоянным током и напряжением питания в 12 или 24 В обеспечивает с помощью электрической обратной связи регулирование рабочего объема насоса и режим перевода наклонного диска в нейтральное положение при достижении в ОГП максимального давления (режим «cut – off») с помощью встроенного гидрораспределителя с электромагнитным управлением.

Применение насосов нового поколения планируется кафедрой АИТ при создании двухпоточных коробок передач для колесных тракторов ХТЗ.

#### Список литературы:

1. PW085 – PW096. HEAVY-DUTY HYDROSTATIC PUMP. POCLAIN HYDRAULICS. Technical Catalog. – Bo3739N. – 28/10/2013. – 40 p.



**А.В. ЧЕПУРНОЙ, Е.С. РЕДЧЕНКО**, ассистент

### **Определение нагрузочной характеристики для электромеханического привода на базе линейного двигателя**

Скоростные поезда с наклоняемыми кузовами представляют собой перспективную технологию повышения скоростей движения на имеющихся железнодорожных линиях. В настоящее время такие поезда эксплуатируются во многих странах мира. Перспективным представляется внедрение поездов с наклоняемыми кузовами и на железных дорогах Украины.

Механизм наклона кузова состоит из двух взаимодействующих систем: механической части (наклоняемая балка с рычагами подвеса) и силового привода. Исходным моментом к выбору силового привода механизма наклона кузова является величина и характер изменения силы, которую необходимо преодолеть для обеспечения наклона кузова на требуемый угол – так называемая нагрузочная характеристика.

На величину силы и форму тяговой характеристики оказывают влияние две группы факторов. По отношению к подвижному составу их можно разделить на внешние и внутренние. Внешними факторами являются особенности устройства пути в кривых (радиус кривой, возвышение наружного рельса и т. д.). К внутренним факторам относятся массогабаритные параметры подвижного состава, геометрические размеры элементов системы наклона и координаты присоединения силового привода.

Внешние факторы в основном влияют на величину центробежной силы инерции, учет которой необходим для адекватного воспроизведения условий движения поезда в кривых, тогда как внутренние факторы в большей степени влияют на величину усилия привода механизма наклона и форму нагрузочной характеристики.

Описывается математическая модель движения поезда в кривой, позволяющая определять мгновенные значения угла наклона кузова, необходимого для компенсации действия центробежной силы инерции, а также текущей координаты поезда в кривой, значения текущего радиуса кривой, возвышения наружного рельса и величины центробежной силы инерции.

Предложены два варианта установки силовых приводов на раме тележки: под наклоняемой балкой и на боковых балках рамы тележки.

Для предложенных вариантов установки силового привода рассчитаны их нагрузочные характеристики.

**Є.І. ШЕВЧЕНКО, М.В. ПРОКОПЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Аналіз впливу конструктивних особливостей поршнів форсованих автотракторних дизелів на температурний стан поршня**

Сучасне постійне форсування дизелів автотракторного призначення призводить до суттєвого підвищення рівня температур циліндропоршневої групи, а особливо поршня. При цьому найбільш критичні з точки зору виникнення руйнівних температурних напруг і температурних перепадів – це зона донця поршня і зона поршневих кілець.

Відомо, що конструктивні особливості вище названих зон поршня можуть суттєво впливати на його температурний стан. Тому розрахунковий аналіз впливу цих особливостей, а саме: форми камери згоряння, наявності гострого куту або фаски на кромці камери згоряння, наявності куту або округлення виступу на донці камери згоряння відкритого типу, відстані кільцевого поясу від донця поршня та ін. на розподіл і рівень температур поршня є актуальною задачею, особливо на початкових стадіях проектування дизелів.

Отримані таким чином результати дозволяють вже на ранніх стадіях проектування пропонувати варіанти конструктивних рішень, що забезпечують допустимий рівень температур поршня і як наслідок – допустимий рівень температурних напруг.

В роботі виконано розрахунковий аналіз впливу конструктивних особливостей поршня на його температурний стан. Розглянуто поршні форсованих двигунів 4ЧН12/14 автотракторного призначення з полувідкритою камерою згоряння та з камерою з звуженою горловиною, з наявністю та відсутністю масляного охолодження поршня.

#### **Список літератури:**

1. Прокопенко М. В. Прогнозування в САПР ДВЗ тривалої міцності камер згоряння поршнів при експлуатації форсованих швидкохідних дизелів. Дис... канд. техн. наук, 2001р., 201с.
2. Пильов В.О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності: [монографія]. - Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. - 332 с
3. Прокопенко М.В. Попередня оцінка температурного стану поршня з урахуванням нерівномірного тепловідведення в зоні верхнього кільця / В.В. Матвєєнко, В.О. Пильов, М.В. Прокопенко, І.Г. Пожидаєв // Двигатели внутреннего сгорания. - 2010. № 1. - С. 78-81

**К.О. ШЕРУДИЛО, О.Ю. РЕБРОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Дослідження паливної економічності автомобіля при роботі з сталим навантаженням**

Паливною економічністю (ПЕ) називають сукупність властивостей, що визначають витрата палива при виконанні АТС транспортної роботи в різних умовах експлуатації[1].

Істотний вплив на паливну економічність автомобіля роблять наступні фактори: економічність двигуна; маса автомобіля; витрата енергії на подолання сил тертя в трансмісії; сила опору інерції; умови руху; стиль водіння автомобіля; технічний стан автомобіля.

В експлуатаційних умовах якості дороги, навантаження автомобіля і швидкість руху непостійні. Тому автомобільному двигуну доводиться працювати на різних навантажувальних і швидкісних режимах.

Питома витрата палива залежить від економічності та режиму роботи двигуна, встановленого на автомобілі. Значення цієї витрати змінюється в широких межах із зміною потужності і частоти обертання колінчастого вала двигуна. Тому режим роботи двигуна при русі автомобіля істотно впливає на його паливну економічність.

Економічна характеристика не враховує численних експлуатаційних факторів, що впливають на паливну економічність. Вона відображає лише витрати палива при постійних швидкостях руху, в той час як насправді рух відбувається з часто змінною швидкістю (зупинками, розгонами, гальмуванням). Паливна економічність цілком залежить також від технічного стану автомобіля. Несправності, що порушують нормальне протікання робочого процесу, що викликають додаткові втрати енергії на тертя в механізмах автомобіля і збільшують опір руху, призводять до перевитрати палива.

Важливе значення має також майстерність водіння. Робота на найбільш економічних режимах двигуна, раціональне гальмування, вміле застосування на окремих ділянках руху по інерції (накатом) та інших прийомів можуть значно знизити витрату палива. За результатами спостережень, витрата палива залежно від досвіду і кваліфікації водія змінюється в межах  $\pm 6 \dots 7\%$  середнього значення[2].

#### **Список літератури:**

1. <http://vzametky.com/teoriya-ekspluatacionnyh-svoystv-avtomobilya/toplivnaya-ekonomichnost>
2. <http://www.reklama78.ru/traktora-i-zapasnye-chasti-k-nim/tyagovaya-dinamika-i-toplivnaya-ekonomichnost-avtomobilya/toplivnaya-ekonomichnost-avtomobilya.html>

**С.Г. ШУМАНСКИЙ, Е.С. РЕДЧЕНКО**, ассистент

**Силовой привод системы наклона на базе линейного двигателя  
электромагнитного типа**

Широкому применению электромеханического привода в системе наклона кузова вагона препятствует недостаточное демпфирование и отсутствие самовозврата, что обусловлено наличием в составе такого привода винтовой пары. Это приводит к тому, что преобразование электрической энергии в механическую происходит опосредованно. Кроме того, опасения вызывает тот факт, что электромеханический привод в случае неисправности не обеспечивает самовозврат в исходное положение, что может привести к диагональной разгрузке колесных пар. Демпфирование колебаний в этом приводе также неудовлетворительное. Непосредственное преобразование электрической энергии в механическую энергию перемещения штока можно обеспечить, используя в качестве силового привода линейный электродвигатель. Обладая всеми достоинствами электромеханического привода, такая система будет лишена пары вращения и, следовательно, вышеупомянутых недостатков.

Рабочие свойства линейного двигателя, используемого в качестве силового привода механизма наклона кузова, определяются величиной тягового усилия и формой его зависимости от перемещения якоря, то есть тяговой характеристикой. Очевидно, что наибольшую эффективность силовой привод имеет в том случае, когда его тяговая характеристика соответствует нагрузочной характеристике механизма наклона кузова. На нагрузочную характеристику механизма наклона существенное влияние оказывает место присоединения силового привода к наклоняемой балке. А на тяговую характеристику влияет тип исполнения линейного двигателя и его конструктивные параметры.

Для конкретного варианта установки силового привода в системе наклона кузова линейный двигатель должен удовлетворять своим специфическим требованиям. При размещении двигателя на боковых балках тележки он должен обеспечивать большой ход при малых осевых габаритах. Для этого целесообразно использовать двигатель с подвижными сердечниками в виде плоских цилиндрических секций с обмоткой или же двигатель телескопической конструкции. А при установке двигателя под наклоняемой балкой могут быть применены как типичный линейный двигатель броневого конструкции, так и эти два.

Описана математическая модель, которая позволяет выяснить влияние конструктивных элементов двигателя на величину реализуемой силы и форму его тяговой характеристики, а также оценить воздействие динамических процессов в механической части системы наклона на процесс электромеханического преобразования энергии в линейном двигателе.

**А.В.ГУБИН, Д.С. ЯНЧЕНКО, В.Н. КРАСНОКУТСКИЙ**, канд. техн. наук, доцент, **В.Р. МАНДРЫКА**, канд. техн. наук, доцент

### **Разработка прибора для учета расхода топлива в тракторах, оснащённых двигателями без электронной системы подачи топлива**

Датчики расхода топлива – это проточные приборы учета, измеряющие общий объем горючего, проходящий через топливную систему во время работы транспортного средства. Анализ производимых расходомеров показал, что они делятся по принципу действия и типу конструкции, но не производят учёт топлива, которое сбрасывается с форсунок в топливный бак, а это составляет от 1 до 5 литров за 1 моточас работы трактора, в зависимости от мощности двигателя.

Целью работы является создание тракторного двухпоточного дифференциального типа датчика с возвратной схемой топлива в топливный бак.

Разработан счетчик топлива, обеспечивающий объёмное измерение расхода топлива (от 0,5 до 50 литров в час) для применения на тракторах, оснащённых двигателями без электронной системы подачи топлива.

Расходомер работает по волюметрическому принципу кольцевого поршневого счётчика, основным элементом которого является «плавающая шайба». Поток жидкости, протекающий через измерительную камеру, приводит в колебание диск (шайбу), при котором вершина его оси совершает круговые вращения. Это вращение через рычаг передается на многополюсный магнит, который посредством магнитного поля через крышку корпуса периодически замыкает герконовый датчик. Количество полученных импульсов пропорционально объёму протекающей жидкости. Счётчик изготовлен в цельнометаллическом бронзовом корпусе, имеет две измерительных камеры, показания от которых подаются по электрической цепи на сумматор. Разница топлива, подаваемого на топливный насос высокого давления и сбрасываемого с форсунок, высчитывается на сумматоре и отображается на цифровом табло. Сумматор даёт возможность как измерения мгновенного расхода топлива, так и фиксации показаний за определённый период времени (смену).

Достоинства:

- высокая точность измерения расхода топлива;
- небольшая себестоимость;
- не требует изменения схемы системы питания.

Недостатки:

- требует регулярного сервисного обслуживания по замене фильтров и очистке расходомера;
- изменение конфигурации сливного трубопровода.

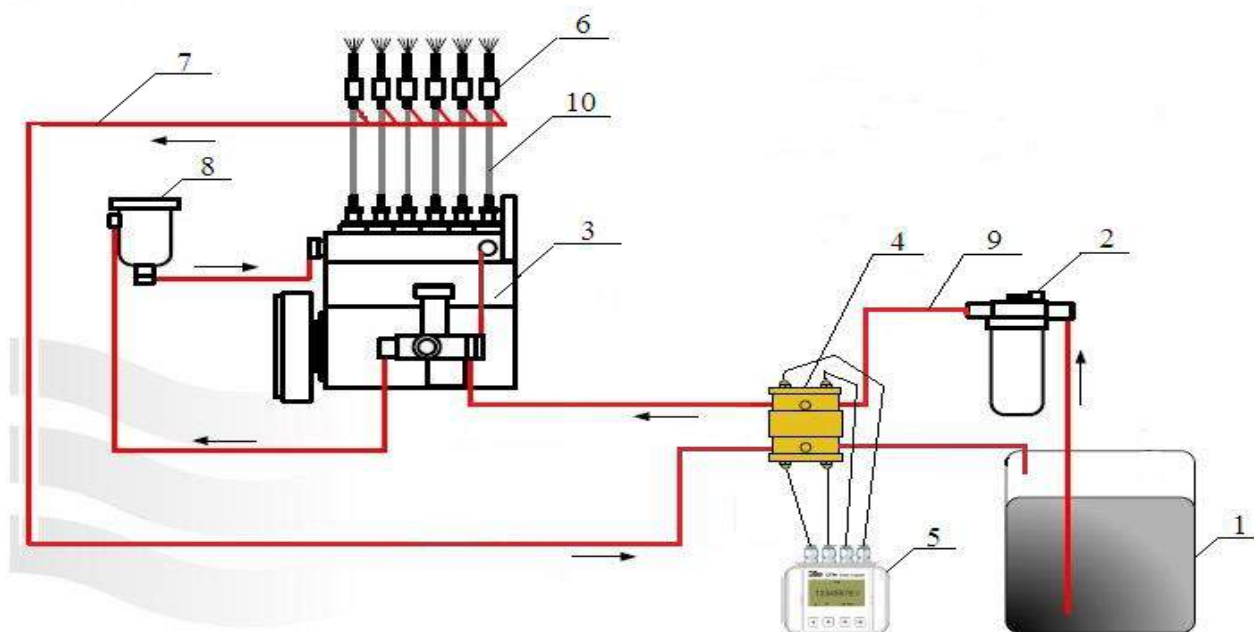


Рис. 1 – Дифференциальная схема подключения датчика расхода топлива

На рис. 1 представлена дифференциальная схема подключения датчика расхода топлива: 1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – топливный насос высокого давления; 4 – расходомер; 5 – сумматор; 6 – форсунка; 7 – сливной топливопровод; 8 – фильтр тонкой очистки; 9 – топливопровод низкого давления; 10 – топливопровод высокого давления.

Таким образом, с внедрением данного типа расходомера на трактор, достигается более точное определение расхода топлива с учетом обратного канала при относительно небольшой цене самого расходомера, возможен учёт мгновенного и суточного расхода топлива.

### Список литературы:

1. И.А. Коваль Техническое описание и инструкция по эксплуатации трактора Т-150К, Т-157, Т-158 / И.А. Коваль // . – Х.: Прапор, 1984. – 347с.
2. С.Б. Асташенко Топливная аппаратура легковых автомобилей / С.Б. Асташенко // 2004. -109с.
3. Кашуба Б.П. Трактор Т-150К (11-е изд.) / Кашуба Б.П., Коваль И.А.// ; ТЗ им. С. Орджоникидзе; -1983.- 310с.

**О.С. ЯРОВИЙ, А.І. БОНДАРЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Дослідження динаміки процесу гальмування сучасних легкових автомобілів**

Процес гальмування автотранспортних засобів полягає в частковому або повному розсіюванні енергії, яка була накопичена рухомою системою до моменту виникнення необхідності обмеження, зменшення швидкості або повного припинення руху. Гальмівна система – невід’ємна частина будь-якого автотранспортного засобу, від її ефективності та надійності залежать продуктивність та безпека дорожнього руху.

Нажаль, на даний момент не всі легкові автомобілі обладнуються замкнутими системами автоматичного керування гальмуванням – антиблокувальними системами, наприклад. Вибір способу гальмування при цьому залишається актуальним питанням.

Дослідженню процесу гальмування автомобілів з використанням «плоскої» моделі автомобіля присвячені роботи [1 – 5].

Метою даної роботи є дослідження процесу гальмування транспортних засобів з гідравлічним гальмівним приводом на прикладі легкового автомобіля Lanos.

Для моделювання процесу гальмування автомобіля Lanos створена програмна реалізація, що розроблена в системі Matlab за допомогою підсистеми моделювання динамічних процесів Simulink.

В разі відсутності замкнутих систем автоматичного керування гальмуванням на автотранспортному засобі добитися водієві одночасного збереження гальмівної ефективності, керованості і стійкості не представляється можливим. При блокуванні коліс спостерігається не значне зменшення гальмівної ефективності зі втратою при цьому керованості і стійкості. При ступінчастому та переривчастому гальмуванні спостерігається збереження керованості і стійкості при незначній втраті для ступінчастого та суттєвому зниженні при переривчастому гальмуванні гальмівної ефективності.

#### **Список літератури:**

1. Булгаков Н.А. Исследование взаимодействия автомобиля с дорогой в процессе торможения: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 “Автомобили и тракторы” / Н.А. Булгаков. – Харьков, 1973. – 29 с.
2. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [Подригало М.А., Волков В.П., Кирчатый В.И., Бобошко А.А.] – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2002. – 403 с.
3. Пчелин И.К. Динамика процесса торможения автомобиля: автореф. дис. на соискание уч. степени доктора техн. наук: спец. 05.05.03 “Автомобили и тракторы” / И.К. Пчелин. – М., 1984. – 39 с.
4. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля: учебн. [для студ. высш. учебн. зав.] / Д.А. Чудаков. – М.: “Колос”, 1972. – 384 с.
5. Цитович И.С. Динамика автомобиля / И.С. Цитович, В.Б. Альгин. – Минск: “Наука и техника”, 1981. – 191 с.

## СЕКЦІЯ 5. ЕНЕРГЕТИЧНІ, ТЕПЛОФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 697.92

**В.С. ВОЛКОВА, О.М. ІВАНЧЕНКО**, канд. техн. наук

### **Проектування та аналіз ефективності системи вентиляції та димовидалення виробничого приміщення**

Основним завданням виконання проекту промислової вентиляції являється забезпечення ефективної роботи вентиляційних систем і систем димовидалення, що сприяє покращенню умов праці, підвищенню його продуктивності та якості випускаємої продукції, зниженню текучості кадрів, промислового травматизму і професійних захворювань, захист навколишнього середовища від промислових забруднень. Ефективність роботи систем здебільшого залежить від правильності виконання інженерних розрахунків, використання сучасного обладнання, засобів автоматизації, умов експлуатації [1].

Система димовидалення – це один із важливих складових елементів системи протипожежного захисту об'єкта. До складу систем димовидалення входять вогнезатримуючі та димові клапани, клапани димовидалення, дахові та радіальні вентилятори димовидалення [2].

В будинках та спорудах електростанцій, розташованих в зоні контрольованого доступу, слід передбачати локалізацію продуктів згоряння і їх видалення після пожежі системами димовидалення та штатними системами загальнообмінної вентиляції. Радіальні вентилятори димовидалення призначені для використання в аварійних системах витяжної або загальнообмінної вентиляції [3].

Метою роботи являється проектування системи вентиляції та димовидалення і аналіз її ефективності.

Розрахунок системи димовидалення був виконаний для машинного залу теплоелектростанції. По отриманих результатах для забезпечення необхідних параметрів був розрахований відцентровий вентилятор. А його робота була промодельована в системі гідродинамічного розрахунку Fluent. Розглядалася 2D секція відцентрового вентилятора. Передбачається турбулентний потік.

Кількість лопаток, їх геометрія, діаметр розташування, частота обертання впливають на напір, що створюється відцентровим вентилятором. Перетворення швидкості потоку в статичний тиск відбувається в спіральній камері відводу.

Для підвищення точності результатів розрахункова область розбивається з якомога більшою щільністю сітки, додатково розбивається область обертання. Задаються граничні умови та цілі, які будуть контролюватися в процесі збіжності системи. Для візуалізації отриманих результатів будуються зрізи



відображення розподілу тиску та швидкості потоку в проточній частині (див. рис. 1 і рис. 2).

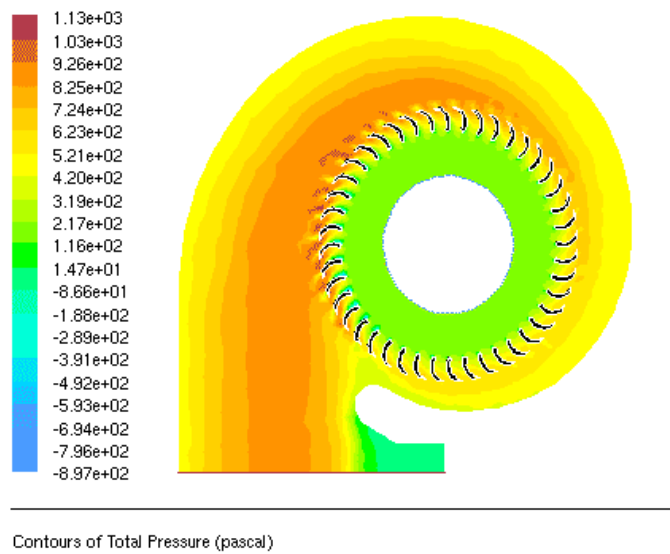


Рис. 1 – Розподіл повного тиску

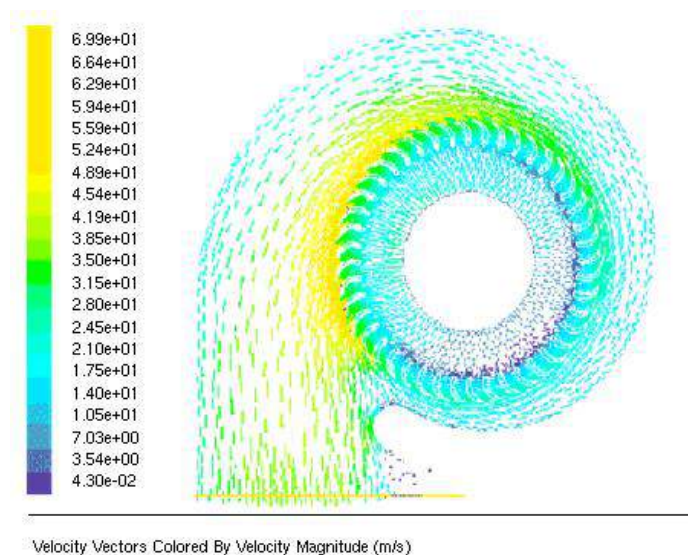


Рис. 2 – Вектори швидкості

Під час розрахунку відцентрового вентилятора були визначені його основні геометричні параметри, а моделювання його роботи в системі Fluent підтвердило закладені енергетичні параметри.

#### Список літератури:

1. Волков О.Д. Проектирование вентиляции промышленного здания / О.Д. Волков // Выща школа. – 1989. - №1. - С. 240
2. Молчанов Б.С. Проектирование промышленной вентиляции / Б.С. Молчанов // Стройиздат. – 1970. – С. 239
3. Поляков В.В. Насосы и вентиляторы / В.В. Поляков, Л.С. Скворцов// Стройиздат. - 1990. - С. 336

**Н.Н. ЕННИКОВ, А.И. ТАРАСОВ**, докт. техн. наук, проф.

### **Анализ теплообмена в вихревой матрице**

При создании современных и перспективных газотурбинных установок одной из проблем является увеличение их экономичности путём повышения начальных параметров рабочего тела при обеспечении высокой надёжности эксплуатации. Для решения этой проблемы в конструкторских бюро турбостроительных предприятий большое внимание уделяется разработке эффективных систем охлаждения роторов, корпусов и лопаточных аппаратов газовых турбин, которые бы гарантировали допустимое температурное и термонапряжённое состояние всех деталей и узлов при минимальных затратах на охлаждение.

В системах охлаждения лопаток газовых турбин часто используется каналы с вихревой матрицей, которая представляет собой систему компланарных каналов, образованных параллельными ребрами, выполненными на противоположных сторонах плоского канала под углом друг к другу. Вершины противоположных ребер соприкасаются между собой. Теплообмен в таких каналах неоднократно исследовался и результаты этих исследований обобщены в виде критериальных уравнений [1, 2]. Анализируя эти зависимости можно сделать следующие выводы:

- с увеличением числа  $Re$  коэффициенты интенсификации теплообмена при прочих равных условиях уменьшаются;
- с уменьшением относительной протяжённости канала от боковой границ коэффициенты интенсификации теплообмена увеличиваются;
- зависимость коэффициентов интенсификации теплообмена от угла скрещивания каналов имеет экстремум;
- существенного влияния относительной глубины каналов, радиусов скругления у основания ребер, оформления боковых границ матриц в опытах не обнаруживается.

К сожалению, в экспериментах использовались модели вихревых матриц, которые содержали достаточно большое число поворотов потока. В реальных охлаждаемых лопатках матрицы часто имеют ограниченную протяженность. В этом случае влияние начального участка оказывается значительным. В связи с этим актуальным является CFD-анализ теплоотдачи в коротких вихревых матрицах.

#### **Список литературы:**

1. *Копелев С.З.* Конструкции и расчёт систем охлаждения ГТД / С.З. Копелев, А.Ф. Слитенко, Санкт-Петербург, 2005. – 640 с.
2. *Нагога Г.П.* Эффективные способы охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин / Г.П. Нагога, Москва, 1996. – 102 с.

**И.С. ЗАБЕЛИНА, А.И. ТАРАСОВ**, докт. техн. наук, проф.

### **Анализ эффективности использования поперечных ребер в каналах охлаждения лопаток газовых турбин**

Проблема интенсификации теплообмена в каналах продолжает привлекать внимание инженеров в связи с разработкой энергетических установок с высокими параметрами цикла, интенсивных технологических аппаратов, промышленных теплообменников, рекуператоров теплоты и химических реакторов.

Для интенсификации теплообмена в каналах используют различные методы. Одним из эффективных и технологических методов интенсификации теплообмена является полная или частичная закрутка потока, установка в каналах различного типа турбулизаторов. Рационально выбранные параметры интенсификаторов теплообмена обеспечивают более выгодное соотношение между теплоотдачей и гидравлическим сопротивлением.

В работе Хана [1] показано, что при обтекании потока в каналах с ребристыми стенками, возникает сложное течение, которое включает области отрыва и присоединения. Это нарушает пограничный слой, что приводит к увеличению теплопередачи. Поэтому при расчете характеристик теплообмена и трения используются полуэмпирические корреляционные отношения, справедливые в широком диапазоне изменения геометрических параметров ребер. С помощью обобщений законов трения и теплообмена в [2] было выполнено обобщение результатов измерения трения и теплообмена в кольцевом канале с оребренной поверхностью, а также в канале прямоугольного сечения с различным соотношением ширины канала к его высоте [2].

В целом в [1, 2] представлено обширное исследование интенсификации теплоотдачи поперечными ребрами. Тем не менее, на наш взгляд, остаются неясными ряд вопросов. Не ясно в частности насколько справедливо исследование зависимостей [1, 2] для расчета теплоотдачи в каналах охлаждения лопаток турбин, в которых установлено малое число ребер (например, 3–6), ограничена длина предвключенного участка, перед входом имеется поворот потока.

В связи с этим, целью настоящего исследования является уточнение влияния указанных факторов на основе численного моделирования (CFD) теплоотдачи в каналах такого типа.

#### **Список литературы:**

1. Хан, Парк, Лей Интенсификация теплообмена в канале с турбулизаторами / Хан, Парк, Лей // Энергетические машины и установки. - 1985. - №3 - С. 37.
2. Хан Теплообмен и трение в каналах с двумя оребренными противоположными стенками / Хан // Теплопередача. - 1984. - №4.- С.82.

**Д.В. ІВАНОВ, К.А. МІРОНОВ**, канд. техн. наук, доцент

### **Вплив геометричних параметрів на енергетичні характеристики низьконапірної гідротурбіни**

Розробка сучасних гідротурбін, які мають високі енергокавітаційні характеристики і підвищену швидкохідність, стала можливою завдяки використанню сучасних теоретичних і експериментальних методів дослідження робочого процесу і проектування проточної частини з використання ЕОМ.

Основними напрямками розвитку гідроенергетики в Україні є:

- модернізація і заміна обладнання на діючих ГЕС, що дозволить покращити одиничну потужність гідроагрегатів і збільшити виробку електроенергії;

- побудова ГАЕС, загальна потужність яких у турбінному режимі роботи повинна скласти приблизно 8000 МВт;

- побудова малих гідроелектростанцій, які можуть додатково забезпечити потужність приблизно 950-1000 МВт.

Метою даної роботи є розрахунок і аналіз кінематичних і енергетичних характеристик низьконапірної радіально-осьової гідротурбіни.

Відповідно до цієї мети Були поставлені задачі:

- спроектувати проточну частину РО (радіально-осьова) гідротурбіни;

- провести розрахунок втрат і зробити аналіз енергетичного балансу для проточної частини гідротурбіни;

- досліджувати вплив окремих деяких геометричних параметрів на енергетичні показники гідротурбіни.

Об'єктом дослідження обрана радіально-осьова гідротурбіна РО 45.

Внесення змін у геометрію проточної частини - один з основних методів удосконалювання енергетичних характеристик гідротурбіни. Це пов'язане з тим, що в цей час відсутнє досить точне рішення завдання профілювання лопатевої системи (зворотного завдання теорії решітки).

Завдання моделювання впливу геометричних і режимних параметрів припускає дослідження впливу їх на кінематику потоку, теоретичних характеристик і коефіцієнтів опорів. Це дозволяє скласти баланс енергії й вплив геометричних параметрів на окремі види втрат, що у свою чергу дає можливим вибрати правильний варіант для відпрацювання тієї або іншої геометрії проточної частини (вхідна й вихідна кромки, розподіл кутів уздовж скелетної лінії профілів лопаті, кількість лопатей робочого колеса та інше).

У даній роботі для аналізу енергетичних характеристик використовується підхід, що базується на використанні загальних закономірностей робочого процесу. Для опису закономірностей використовуються безрозмірні комплекси, структура яких впливає з теорії розмірності. [1, 2]. За допомогою цих комплексів виражаються умови кінематичної й енергетичної подоби в

гідротурбінах. Тому, узагальнення й систематизація дослідних і розрахункових даних повинна вироблятися на основі цих комплексів. Залежності, що характеризують зміну гідродинамічних параметрів просторової решітки робочого колеса зі зміною геометрії проточної частини, повинні використовуватися при профілюванні лопатевої системи робочого колеса для узгодження елементів проточної частини.

Аналіз балансу втрат необхідний для з'ясування умов формування оптимального режиму, а також виявлення тих видів втрат, які роблять найбільш істотний вплив на характер зміни ККД в області основних робочих режимів. На підставі балансу втрат з'ясовується ступінь узгодження елементів проточної частини.

Методика аналізу кінематичних і енергетичних характеристик, розроблена на кафедрі гідромашин НТУ «ХПІ» [2, 3], дозволяє визначати кінематичні (швидкості, кути потоку) і енергетичні параметри (ККД, потужність) у заданому діапазоні зміни режимних параметрів  $n_I$ ,  $Q_I$ . Ці дані необхідні для оцінки окремих видів втрат (тертя, кромочних, ударних та ін.) і ступеню узгодження елементів проточної частини. Отримана в такий спосіб інформація є основою для внесення змін у геометрію проточної частини (модифікацій) з метою підвищення енергетичних показників.

Наведена методика не враховує всіх категорій втрат [4]. Це в першу чергу стосується втрат, обумовлених виникненням вторинних течій. Однак, вона дозволяє з'ясувати основні закономірності зміни ККД залежно від режимних і геометричних параметрів. Це підтверджується задовільним узгодженням дослідних даних і результатів розрахунку.

З більшим ступенем точності (у порівнянні з величинами ККД) визначаються параметри  $n_I$ ,  $Q_I$  оптимального режиму.

Проведення чисельного дослідження необхідно для вибору раціональних варіантів проточної частини в процесі її проектування. Рівняння математичної моделі є вихідними для розрахунку й аналізу параметрів оптимального режиму.

#### **Список літератури:**

1. Вікторов, Г. В. Класифікація гідромашин і баланс енергії / Г.В. Вікторов // Уч. посібник. – М., 1979. – 94с.
2. Количев, В. А. Моделювання кінематичних характеристик потоку в радіально-осьовій гідротурбіні при проектуванні її проточної частини / В.А. Количев, В.Э. Дранковский та ін.// «Вісник СумДУ» №13(59), 2003. - С. 124-131.
3. Количев, В. А. Кінематичні характеристики потоку в лопатевих гідромашинах / В.А. Количев // Навчальний посібник. Київ: ИСС. - 1995. - 272с.
4. Миронов, К.А. Влияние гидродинамических характеристик элементов проточной части на энергетические показатели радиально-осевой гидротурбины / К.А. Миронов, И.И. Тыньянова // Вестник НТУ «ХПИ». Сб. науч. трудов. Тематический выпуск «Технологии в машиностроении». – Харьков: НТУ «ХПИ». - № 54. – 2010. – С. 96-103.

**А.А. КОЛЕСНИК, Д.И. МАКСЮТА**, аспирант

### **Исследование течения в надбандажных уплотнениях с помощью CFD расчётов**

Одним из важных направлений работ по повышению надежности и экономичности паротурбинного оборудования является модернизация элементов проточных частей, в том числе усовершенствование надбандажных и концевых уплотнений. В периферийной части рабочих лопаток имеется ленточный бандаж с надбандажным уплотнением, препятствующим протечке пара мимо рабочей решетки. Как показывает опыт, большое влияние на изменение КПД ступеней оказывает состояние надбандажных уплотнений, система диагностики которых базируется на том факте, что при износе уплотнений и увеличении протечек через них увеличивается температура пара в патрубках отборов. От правильно спроектированных надбандажных уплотнений зависит эффективность всей проточной части цилиндра давления.

Для расчета потерь в уплотнениях используют теоретические и эмпирические методы. Среди теоретических методов все большую популярность приобретают современные методы вычислительной гидродинамики (computational fluid dynamics (CFD)), которые позволяют моделировать трехмерные течения с учетом вязкости. Результаты, получаемые с их помощью, с каждым годом становятся все точнее, при этом имеет место достаточно хорошее совпадение с физическим экспериментом.

Данная работа была посвящена моделированию вязкого течения в проточных частях надбандажного канала с различными типами уплотнений, в частности лабиринтового. В работе проведены расчёты упомянутых выше типов уплотнений с помощью CFD расчетов.

По результатам расчётов были определены интегральные потери, преимущества и недостатки тех или иных видов надбандажных уплотнений, повороты и отрывы потока в наиболее проблемных областях надбандажного канала. Также были представлены графики распределения полного и статического давлений, скоростей. Помимо этого, для более детального анализа полученных результатов приведены распределения линий тока вдоль рассмотренного канала.

#### **Список литературы:**

1. *Бойко, А. В.* Оптимальное проектирование турбомашин / А. В. Бойко // НТУ «ХПИ» Харьков. – 2011.
2. *Цитеман, Н.* Расчёт и конструкция паровых турбин/ Н. Цитеман // Энергоиздат. - 1933.
3. *Щегляев, А. В.* Паровые турбины / А. В. Щегляев// «Энергия» Москва. 1976.

**М.А. КУБЕНКО, Ю.А. ЮДИН**, канд. техн. наук, проф.

### **Исследование аэродинамики осерадиального диффузора мощной паровой турбины**

Анализ возможных путей повышения эффективности осевых турбомашин показывает, что выходные диффузоры и патрубки, в которых имеются необратимые потери давления, связанные с интенсивными отрывами потока, характеризуются значительными резервами повышения их эффективности. Поэтому одним из перспективных путей повышения экономических показателей паротурбинных блоков, является совершенствование аэродинамики и конструкции выхлопных патрубков. Изучению последнего и посвящена данная работа.

В процессе анализа аэродинамики осерадиального диффузора, характерного для выхлопных патрубков ЦНД, установлено, что имеются проблемы, связанные с возможным отрывом потока на наружном обводе диффузора. Величина отрывной зоны и связанные с этим потери энергии будут тем больше, чем больше степень расширения осерадиального диффузора. Проведенный обзор литературных источников и анализ исследований, выполненных на кафедре турбиностроения, показывают, что одним из эффективных средств обеспечения безотрывного течения в осерадиальном диффузоре, является специально организованный вдув потока высокоскоростной струи на наружном обводе диффузора.

С помощью CFD программы выполнены расчетные исследования аэродинамики осерадиального диффузора одной из мощных паровых турбин, характерного для конструкции ОАО «Турбоатом». Полученные данные позволяют оценить потери и течение в осерадиальном диффузоре паровой турбины. В исследуемой конструкции диффузора с влагоулавливающей камерой выбор давления может быть выполнен по расчетным зависимостям, определяющих влияние давления в камере на коэффициент полных потерь осерадиального диффузора. На практике необходимое давление может быть реализовано с помощью выбора площади дополнительных отверстий, выполненных в периферийной зоне этой камеры.

Также в результате расчетных исследований определено, что коэффициент полных потерь в выхлопном патрубке со специально организованным вдувом потока на наружном обводе диффузора можно существенно уменьшить по сравнению с традиционно применяемой конструкцией, что позволит при тех же параметрах на входе в паровую турбину повысить ее мощность.

А.А. КУНИЦИН, А.В. ЛАПУЗИН, канд. техн. наук, доцент.

**Методологические основы экспериментального определения потерь давления в трубопроводе за ЦВД паровой турбины.**

Уровень газодинамического совершенства отсека последняя ступень-выходной патрубков ЦВД - ресивер ВД - НД зависит от степени совершенства последней ступени, выходного патрубка и ресивера в условиях их взаимовлияния.

Из рабочего колеса последней ступени выходит кольцевая струя, которая в проточной части патрубка трансформируется в несколько потоков. Организация этого процесса, обеспечивающая минимизацию гидравлических потерь и неравномерности параметров потока за ступенью и патрубком, является весьма сложной.

Анализ конструкций выходных патрубков высокого давления паровых турбин отечественных и зарубежных фирм показывает, что они имеют весьма большие различия как по форме, так и по размерам проточных частей. Из этого можно сделать вывод о том, что в настоящее время конструкторы проточных частей цилиндров высокого давления и ресиверов не располагают необходимыми материалами для формирования проточных частей отсеков последняя ступень-выходной тракт ЦВД, имеющих высокое аэродинамическое совершенство.

Существенное влияние на экономичность паротурбинной установки оказывают потери давления в линии промежуточного перегрева, которые в первых образцах турбины К-160-130 находились на уровне от 17 до 22 % от давления за ЦВД, а после модернизации снизились до 12%. Входным сечением каждой «нитки промперегрева» является круглое входное сечение выходного патрубка ЦВД. В этом сечении пар вращается вокруг оси трубы, имеет не осесимметричную пространственную структуру и достаточно высокую кинетическую энергию, которая обычно в 1,5 раза превышает кинетическую энергию, определенную по среднерасходной составляющей скорости (коэффициент Кориолиса  $N_2=1,5$ ). На начальном участке трубопровода (ресивера) поток раскручивается, а избыточная кинетическая энергия теряется в процессе, который близок к изобарическому.

Очевидно, что гидравлические потери (потери давления торможения) в ресивере и в выходном патрубке ЦВД взаимосвязаны, и избыточная кинетическая энергия  $E_2 (N_2-1)$  может быть включена или в потери выходного патрубка или в потери ресивера.

В первом случае потери в выходном патрубке ЦВД следует оценивать не по коэффициенту гидравлических потерь,  $\zeta_{г.п}$  а по коэффициенту



$$\zeta'_{г.п} = \zeta_{г.п} + (N_2 - 1) / (n_{п}^2 N_1).$$

В формуле  $n_{п}$  - степень расширения выходного патрубка,  $N_1$ -коэффициент Кориолиса в его входном (кольцевом) сечении. Для расчета коэффициента гидравлических потерь ресивера  $\zeta'_{г.р}$  давление торможения в сечении необходимо скорректировать в сторону уменьшения до значения, соответствующего поступательному потоку ( $N_2 = 1$ ).

Во втором случае гидравлические потери на любом участке ресивера определяются по фактическим осредненным значениям давления и давления торможения в сечении и давления торможении  $P_3^*$  в выходном сечении ресивера

$$\zeta_{г.р} = (P_2^* - P_3^*) / (P_2^* - P_2).$$

Для расчета коэффициента  $\zeta_{г.р}$  на начальном участке ресивера за ЦВД турбины К-120-7,65 может быть использована формула

$$\zeta_{г.р} = ((\zeta_{п.т} - \zeta_{г.п} - 1) / (N_1 n_{п}^2 n_{д}^2)) / (\zeta_{п.п} - \zeta_{г.п}),$$

в которой  $N_1$ - число Кориолиса во входном сечении выходного патрубка (ВП);  $\zeta_{п.п}$  и  $\zeta_{г.п}$  - полные и гидравлические потери ВП,  $\zeta_{п.т}$  - полные потери тракта, состоящего из ВП и ресивера,  $n_{д}$  – степень расширения конического диффузора, расположенного за ВП. По результатам эксперимента [1]  $\zeta_{г.р} = 0,65$ , чему соответствует снижение давления торможения на 0,45% на начальном участке ресивера протяженностью 7,5м.

На этом участке располагается конический диффузор с центральным углом раскрытия  $8^\circ$  и степенью расширения  $n_{д}=1,3$ ; два сварных колена диаметром 800мм, в которых поток поворачивает на  $90^\circ$  и прямой участок длиной 2,9м.

Расчеты по справочнику [2] занижают потери в 1,3 раза.

### Список литературы:

1. Гаркуша А.В. Аэродинамические исследования перепускного тракта ВД-НД турбины К-120-7.65: отчет о НИР / рук Гаркуша А.В.; исп. Лапузин А.В. // Харьковский политехнический институт – 1991 – С. 70.
2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [текст] / Идельчик И.Е // М.Машиностроение – 1975 – С. 559.

**Д.І. КУХТІН, О.Д. МЕНЬШИКОВА**, канд. техн. наук, доцент

**Визначення експлуатаційних характеристик та автоматизація процесу управління енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 за допомогою комп'ютерного моделювання**

Одним із принципів, що закладаються в стратегію розвитку ядерної енергетики в різних країнах світу, є планування не тільки базових режимів роботи енергоблоків АЕС, але й забезпечення можливості їхньої роботи в режимі регулювання добового графіка енергоспоживання в енергетичних системах. Ефективної та безпечної експлуатації атомних електростанцій у такому режимі можна досягти за допомогою автоматизації процесу керування розподілом електричних навантажень між енергоблоками з урахуванням їхнього функціонального стану. Це вимагає вдосконалювання математичного й алгоритмічного забезпечення, що знаходиться в розпорядженні АСУ ТП енергоблоків АЕС.

Таким чином, розробка методів і моделей для управління енергоблоками АЕС, які б ураховували реальний стан устаткування в процесі експлуатації й підвищенням за рахунок цього маневреності й експлуатаційної теплової економічності АЕС, є актуальною. Оцінити результат впливу теплогідравлічних та конструктивних факторів на основні техніко-економічні показники виробітку електричної енергії дозволяють отримати експлуатаційні характеристики енергоблоків, що описують вплив зміни параметрів технологічних процесів [2].

Для отримання експлуатаційних характеристик енергоблоків був розроблений комплекс програм для комп'ютерно-інтегрованих систем (KIC) управління енергоблоками. Комплекс програм має модульну структуру і реалізує на РС математичну модель енергоблока. В основі побудови моделі енергоблока лежить принцип структурного представлення схеми енергоблока, елементи якої знаходяться в ієрархічному підпорядкуванні. Комплекс програм для KIC має модульну структуру з ієрархічним упорядкуванням, який реалізований в сучасному високопродуктивному інтерактивному середовищі MATLAB [1].

Імітаційний експеримент, який був проведений на моделі енергоблоку із ВВЕР-1000, і обробка отриманих даних дозволили одержати його експлуатаційні характеристики у вигляді залежностей потужності та теплової економічності енергоблока від характеристик парогенератора ПГВ-1000: температури та тиску свіжої пари, температури та тиску живильної води [1].

**Список літератури:**

1. Совершенствование и оптимизация моделей, процессов, конструкций и режимов работы энергетического оборудования АЭС, ТЭС и отопительных котельных. / под ред. А. В. Ефимова. – Харьков : Изд-во « Підручник НТУ “ХПІ” », 2013. – 376 с. – на рус. яз.
2. Палагин А.А. Моделирование функционального состояния и диагностика турбоустановок / А.А. Палагин, А.В. Ефимов и др.. – Киев: Наук. Думка 1991.– 192 с.

**П.С. МАМЕТЬЄВА, О.О. ЛИТВИНЕНКО**, канд. техн. наук, доцент

### **Теплообмінні апарати систем тепlopостачання**

Незважаючи на значні успіхи, досягнуті в теорії теплообмінних апаратів, до теперішнього часу тривають пошуки їх найкращих конструкцій. Для поліпшення характеристик теплоенергетичного обладнання необхідно розробляти нові конструкції теплообмінних апаратів, збільшувати ефективність теплообмінних поверхонь, застосовувати сучасні підходи до проектування теплообмінних апаратів, створювати нові технології їх виробництва. Правильний вибір теплообмінників і їх теплообмінних поверхонь, проблема розробки ефективних теплообмінних апаратів, проблема енергозбереження в системі централізованого та децентралізованого тепlopостачання споживачів є виключно важливим і актуальним завданням.

Одним із шляхів вирішення проблеми енергозбереження є забезпечення надійної та ефективної роботи теплообмінного обладнання як централізованої, так і децентралізованої системи тепlopостачання за рахунок впровадження на ТЕЦ і теплових пунктах удосконалених методів проектування та дослідження ефективності теплообмінних апаратів системи тепlopостачання.

Теплообмін є ключовим технологічним процесом в будь-якій енергетичній промисловості. У його основі лежить процес теплопередачі через стінку, що розділяє потоки. Незважаючи на елементарність тих процедур, що відбуваються всередині теплообмінника, він вважається складним обладнанням, яке може функціонувати за трьома, абсолютно різними принципами: за допомогою конвекції, теплового випромінювання і теплопровідності. При цьому кожне фізичне явище досить рідко працює самостійно. У багатьох пристроях вони поєднуються і надають той чи інший вплив на ефективність теплообмінних процесів. В системах тепlopостачання використовуються кожухотрубчасті секційні, пластинчасті теплообмінні апарати та опалювальні котли.

Метою цієї роботи є дослідження режимів роботи та оцінка ефективності різних теплообмінних апаратів.

В роботі аналізуються конструкції, характеристики кожухотрубчастих та пластинчастих теплообмінних апаратів для систем тепlopостачання. Показаний принцип роботи теплового пункту, який включає в себе вузол введення, центрального опалення, ГВП (гарячого водопостачання), ХВП (холодного водопостачання) і вузол підживлення опалення.

Схема теплового пункту (ТП) може бути виконана в декількох варіантах, вибір яких залежить від особливостей джерела теплоенергії та технічних особливостей конкретного будинку, до якого підключається ТП. Найчастіше використовується незалежна схема підключення до системи опалення, яка має закритий контур гарячого тепlopостачання.

Було виконано аналітичне дослідження існуючих методик проектування теплообмінних апаратів. При виконанні конструктивного теплового розрахунку необхідно визначити поверхню теплообміну і інші розміри теплообмінника. Основними розрахунковими рівняннями є рівняння теплопередачі, яке включає в себе коефіцієнт теплопередачі  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup>К), поверхню теплообмінна  $F$ , м<sup>2</sup> та середній температурний напір  $\overline{\Delta t}$ , °С

$$Q = kF\overline{\Delta t}, \quad (1)$$

та рівняння теплового балансу

$$Q = G_1(i_1' - i_1'') = G_2(i_2'' - i_2'), \quad (2)$$

де  $Q$ , кВт – теплова потужність теплообмінного апарату,  $G_1, G_2$ , кг/с – витрати гарячого та холодного теплоносіїв,  $i_1', i_1'', i_2'', i_2'$ , кДж/кг – ентальпії гарячого та холодного теплоносіїв на вході та виході.

В роботі були знайдені конструктивні характеристики кожухотрубчастого секційного та пластинчастого теплообмінних апаратів при фіксованому тепловому навантаженні та температурах теплоносіїв.

Також виконані гідравлічні розрахунки теплообмінних апаратів основним завданням яких є визначення втрати тиску теплоносія при проходженні його через апарат і потужності вентилятора або насоса на прокачування теплоносія. Повний перепад тиску, необхідний при русі рідини чи газу через теплообмінник включає в себе суму опору тертя на всіх ділянках поверхні теплообміну, суму втрат тиску в місцевих опорах, суму втрат тиску, обумовлених прискоренням потоку, сумарні витрати тиску на подолання самотяги

$$\Delta p = \sum \Delta p_{n.m.} + \sum \Delta p_{m.c.} + \sum \Delta p_y + \sum \Delta p_c. \quad (3)$$

У ході проведених досліджень були знайдені поверхні теплообмінну апаратів, конструктивні характеристики, визначенні втрати тиску теплоносіїв та вибраний оптимальний з точки зору ефективності теплообмінник, що задовольняє поставленим умовам. Проведені дослідження методів проектування теплообмінних апаратів та показаний принцип роботи теплових пунктів.

#### Список літератури:

1. Левин Б. И. Теплообменные аппараты систем теплоснабжения / Б. И. Левин, Е.П. Шубин. - М.: Энергия, 1965. – 265 с.
2. Баклаотов А. М. Проектирование монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок / А.М. Баклаотов, М. С. Аронович. – М.: Энергия, 1970. – 568 с.
3. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети/ Е. Я. Соколов, В. А. Малафеев. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.

**Е.В. МИХАЛЕВСКИЙ, Б.В. КЛИМЕНКО**, докт. техн. наук, профессор

**Методика компенсации реактивной мощности с использованием  
«расстроенных» (detuned) фильтров**

В настоящее время все большую долю в общем объеме суммарных электрических нагрузок занимают резкопеременные и нелинейные нагрузки с повышенным потреблением реактивной мощности. Реактивная мощность – величина, характеризующая нагрузки, создаваемые в электротехнических устройствах колебаниями энергии электромагнитного поля в цепи синусоидального переменного тока [1]. Реактивная мощность и энергия ухудшают показатели работы энергосистемы, загрузка реактивными токами генераторов электростанций увеличивает расход топлива, увеличиваются потери в подводящих сетях и приемниках, увеличивается падение напряжения в сетях. Индуктивную нагрузку целесообразно компенсировать конденсаторами. При использовании конденсаторов для увеличения коэффициента мощности мы сталкиваемся с проблемой высших гармоник.

При подключении компенсирующего конденсатора индуктивность трансформатора совместно с емкостью конденсатора образует резонансную цепь, которая может возбуждаться генерируемыми нагрузкой гармоническими токами. Если частота одной из гармоник совпадает или близка к частоте собственных колебаний резонансной цепи, в ней могут возникнуть паразитные колебания тока большой амплитуды. Это приведет к значительному увеличению напряжения на конденсаторе, трансформаторе и на подключенных параллельно с ними цепях [2].

В таких цепях могут использоваться так называемые «расстроенные» фильтры, в которых риск возникновения резонанса уменьшается благодаря тому, что частота собственных колебаний цепи сдвигается вниз, в область, где не может быть гармоник за счет подключения к резонансной цепи дополнительной индуктивности. Эта индуктивность подключается последовательно с силовым конденсатором цепи компенсации.

Компоненты цепи компенсации коэффициента мощности с «расстроенным» фильтром должны тщательно подбираться в зависимости от необходимой степени коррекции, наличия определенных гармоник напряжения питания, необходимых фильтрующих характеристик, мощности короткого замыкания и характеристик резонансной цепи. Например, напряжение на конденсаторе при последовательном подключении индуктивности будет выше напряжения в питающей сети.

Катушка индуктивности обеспечивает необходимое значение резонансной частоты, и должна пропускать рабочий ток, достаточный для отвода ожидаемых гармоник. Резонансная частота фильтра обычно определяется косвенно через коэффициент расстройки  $p$  и измеряется в процентах.

$$p = 100 \cdot X_L / X_C = (f / f_{\text{RES}})^2 \cdot 100$$

Значение коэффициента расстройки используется для выбора параметров элементов «расстроенного» фильтра.

При этом последовательность построения «расстроенного» фильтра

предполагает следующие шаги:

1. Определение необходимой эффективной мощности (кВАр) конденсатора для коррекции коэффициента мощности.

2. Разработка батареи конденсаторов, обеспечивающей ступенчатость переключения емкости в 15%...20% от необходимой мощности.

3. Измерение существующих в питающем кабеле токов гармоник при отсутствии конденсатора коррекции и при различных нагрузках. Определение частоты и максимальной амплитуды каждой из присутствующих гармоник. Вычисление суммарного коэффициента гармоник тока  $THD$  (Total Harmonic Distorsions - показателя, характеризующего степень отличия формы сигнала от синусоидальной):

$$THD_i = 100 \cdot \sqrt{((I_3)^2 + (I_5)^2 + \dots + (I_n)^2)} / I_1$$

Вычисление отдельных коэффициентов каждой из гармоник:

$$THD_{ik} = 100 \cdot I_k / I_1$$

4. Измерение наличия гармоник напряжения питания снаружи системы. Предпочтительно измерение их на высоковольтной стороне. Вычисление суммарного коэффициента гармоник напряжения:

$$THD_u = 100 \cdot \sqrt{((U_3)^2 + (U_5)^2 + \dots + (U_n)^2)} / U_1$$

5. Если уровень гармоник (измеренный без конденсатора) выше или ниже  $THD_i > 10\%$  или  $THD_u > 3\%$ , следует использовать компенсатор с «расстроенным» фильтром и переходить к шагу 6. Иначе следует использовать стандартный компенсатор.

6. Если уровень 3-й гармоники тока  $I_3 > 0.2 \cdot I_5$ , следует использовать фильтр с коэффициентом расстройки  $p = 14\%$  и пропустить шаг 7. Иначе следует использовать фильтр, в котором  $p = 7\%$  или  $5,67\%$  и перейти к шагу 7.

7. Если  $THD_u = 3\% \dots 7\%$ , нужен фильтр, в котором  $p = 7\%$ ; при  $THD_u > 7\%$  нужен фильтр, в котором  $p = 5,67\%$ ; при  $THD_u > 10\%$  требуется специальная конструкция фильтра.

8. Подборка подходящих компонентов с использованием таблиц для компенсаторов с «расстроенным» фильтром и стандартные значения эффективной мощности, сетевого напряжения, частоты и определенного ранее коэффициента расстройки  $p$  [3].

Компенсация реактивной мощности имеет большое значение и является частью общей проблемы повышения КПД работы систем электроснабжения и улучшения качества электроэнергии.

#### Список литературы:

1. Минин Г.П. Реактивная мощность. – М.: Энергия, 1978. – 18с.
2. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136с.
3. Супронович Г. Улучшение коэффициента мощности преобразовательных установок: Пер. с польск. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136с.

**Д.Ю. РАШЕВСЬКИЙ, В.П. СУБОТОВИЧ**, докт. техн. наук, професор

### **Розрахунок течії у міжлопаткових каналах соплових та робочих решіток турбін**

Найважливіші для проектування профілів лопаток характеристики реального потоку – розподіл швидкості по обводах профілів, розподіл кута виходу потоку з вінців – з достатнім ступенем точності може розраховуватися в припущенні стаціонарності і «нев'язкості» потоку, тобто з використанням рівнянь Ейлера (двомірне – 2D, квазітривимірне – Q3D і тривимірне – 3D моделювання невязкого потоку). У моделі з використанням рівнянь Ейлера можуть бути штучно введені втрати енергії для моделювання «ефектів» в'язкості, тобто наближення до характеристик реального потоку.

Моделювання з використанням рівнянь Нав'є-Стокса (2D та 3D моделювання в'язкого потоку) дозволяє одержати такі важливі кількісні характеристики потоку, як рівень втрат енергії в плоских решітках або просторовому вінці, а також ідентифікувати відривні явища в проточній частині.

Аеродинамічний розрахунок лопаток турбін заснований на застосуванні методів розв'язування двох задач теорії решіток – прямої та оберненої. Обернена задача полягає в побудові вінця (або решіток профілів у 2D постановці) лопаток, що реалізує задані характеристики течії в міжлопатковому каналі. При такому підході особливу важливість має детальне дослідження впливу закону розподілу швидкостей в ядрі потоку на аеродинамічні характеристики лопаткового вінця, який проектується.

В даний час в практиці вітчизняного турбінобудування не існує методів розв'язування оберненої задачі в 3D постановці. Це пояснюється, перш за все, відсутністю математичної моделі, що достатньо повно відображає фізичну картину течії в просторових вінцях лопаток. Очевидно, що при моделюванні цього процесу разом з розв'язуванням задачі визначення характеристик течії в ядрі потоку необхідно розглядати і проблему в'язкої-нев'язкої взаємодії, включаючи розрахунок вторинних течій, які мають місце в лопаткових вінцях. Крім того, слід зазначити, що надзвичайно складним представляється питання формування навіть якісного уявлення про вплив просторового поля течії на аеродинамічну якість вінців лопаток, які проектуються. Одним з найістотніших моментів є необхідність виконання умови мінімуму аеродинамічних втрат, крім того, до лопатки є вимоги, пов'язані з умовами міцності і особливостями технологічного процесу її виготовлення. В результаті форма лопатки, яка може бути одержана шляхом розв'язування оберненої задачі, потребує корекції, що приводить до спотворення поля течії, яке задається при проектуванні. Таким чином, в даний час розв'язування оберненої задачі в 3D постановці, результати якого могли б

безпосередньо використовуватися в практиці проектування, представляється нереальним.

Найсучасніші методи оберненого проектування лопаткових решіток, точно кажучи, не є методами розв'язування оберненої задачі розрахунку просторової течії, а засновані на ітераційному розв'язуванні прямої задачі. Щоб розв'язати обернену задачу таким шляхом (визначити зміни геометрії) необхідно виконати велику кількість ітерацій, перш ніж мета буде досягнута. На сьогоднішній день немає практичної можливості використовувати такі методи оберненого проектування в процесах оптимізаційного пошуку. Створенню таких методів повинні передувати детальні експериментальні і теоретичні дослідження впливу просторової форми лопатки турбіни на її основні характеристики.

При проектуванні і дослідженні вінців лопаток найбільше поширення набули методи розв'язування прямої задачі, яка полягає у визначенні поля течії в міжлопаткових каналах, утворених лопатками заданої форми. При цьому основна увага надається розробці ефективних методів чисельного визначення характеристик потоку робочого тіла як в ядрі течії, так і в примежовому шарі. В більшості випадків результати розрахунків дають можливість провести порівняльний якісний аналіз варіантів лопатки, що проектується, і оцінити їх характеристики. Очевидно, що пряма задача істотно простіше, ніж обернена, оскільки в цьому випадку розглядається конкретний варіант лопатки, а тому всі додаткові вимоги до її форми вже враховані при проектуванні.

Розрахунок в'язкої течії за допомогою рівнянь Нав'є-Стокса у принципі дозволяє вирішити всі основні проблеми проектування (оцінювати розподіл швидкостей і рівень втрат у вінцях лопаток), а також визначати зони відриву потоку в проточній частині турбіни. Проте, використання моделей Нав'є-Стокса як робочого інструменту проектування зустрічає низку труднощів, а саме:

1. Достатньо тривалий час розрахунку. Проблема оперативності найбільш серйозна для моделювання 3D течії у вінці. Час має велике значення в практичному проектуванні.

2. Точність розрахунку не може бути гарантована для всіх окремих випадків. Тільки моделей турбулентності, необхідних для замикання усереднених за Рейнольдсом рівнянь Нав'є-Стокса, відомо понад десяток. Поки немає підстав чекати появи єдиної моделі турбулентності, що дозволяє однаково надійно проводити розрахунки у всьому діапазоні робочих умов.

3. Надійність отримання результату недостатньо висока. Проблема стійкості розрахунку іноді вимушує використовувати не ту схему розв'язування, яка дає якнайкращі результати при порівнянні з експериментом, а ту, що дозволяє одержати хоч якийсь результат.

Та найважливіша проблема полягає в настройці параметрів сітки, виборі схеми розрахунку і моделі турбулентності, які забезпечують якнайкраще узгодження з наявним експериментом. При цьому експеримент повинен бути проведений для лопаткових вінців, схожих за своїми параметрами, в необхідному для конкретної задачі діапазоні робочих умов.



**С.Л. СМІЛЯНЕЦЬ, В.С. БАРАННИК**, асистент

### **Дослідження фізики аеродинамічних процесів в решітках турбомашин за допомогою CFD розрахунків**

При вирішенні різного роду задач перед проектувальником постійно виникає питання аналізу отриманих результатів. У свою чергу аналіз складних процесів, зокрема, процесів, що виникають при обтіканні турбінних решіток потоком в'язкої рідини, є досить тяжким. Для аналізу подібних процесів використовують підхід, що ґрунтується на розкладанні складних вихрових структур (див. рис.1) на ряд більш простих. Найбільш достовірним способом визначення реального характеру течії в турбінних решітках є фізичний експеримент. Однак проведення подібного роду експериментів вимагає значних матеріальних витрат. У зв'язку з цим все більшого розповсюдження отримали CFD методи розрахунку, які дозволяють описувати складні процеси при мінімальних матеріальних витратах.

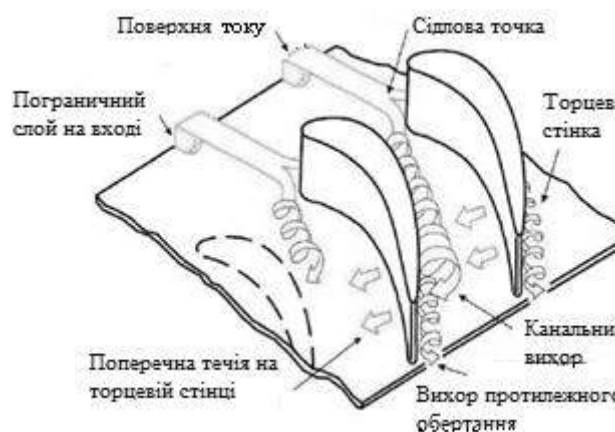


Рис.1 – Структура течії в турбінних решітках

Відомо, що вторинні втрати при обтіканні турбінних лопаток є результатом взаємодії вихору протилежного обертання, що йде від вхідної кромки уздовж сторони розрядження і каналного вихору, що виникає через різницю тиску між сторонами лопатки.

Метою даної роботи є моделювання вище згаданих вихрових структур за допомогою CFD, а також способи впливу на них.

Отримані результати наведені у вигляді графіків залежності втрат від діаметра вхідної кромки і кута повороту потоку. Окрім цього для візуалізації отриманих результатів наведені розподіл ліній току уздовж розрахункової області.

#### **Список літератури:**

1. Бойко А.В. Аэродинамический расчёт и оптимальное проектирование проточной части турбомашин / А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко и др. // – Х.: НТУ «ХПИ», 2002.
2. Применение вычислительной аэродинамики к оптимизации лопаток турбомашин: монография / А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, М.В. Бурлака. // – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – 192 с.
3. Лэнгстон Л. Поперечные течения в канале турбинной решетки / Л. Лэнгстон // Энергетические машины и установки: Тр. Американского общества инженеров механиков. – 1980. – №4. – 111с.

**А.М. ФРОЛОВІЧЕВ, В.П. СУБОТОВИЧ**, докт. техн. наук,  
**С.О. ТЕМЧЕНКО**

### **Проектування вільних конфузорних та дифузорних кільцевих каналів для проточних частин турбомашин**

Для різних технічних пристроїв турбомашин, таких як міжтурбінні канали турбореактивних двигунів, вихлопні патрубки парових та газових турбін, елементи камер згоряння газових турбін та системи підведення робочого тіла до перших ступенів, актуальною проблемою є проектування вільних кільцевих каналів.

Як і для лопаткових решіток турбомашин, розв'язування оберненої аеродинамічної задачі відкриває нові перспективи у проектуванні та дозволяє побудувати кільцеві канали, які мають високу аеродинамічну якість при значному скороченні часу, що витрачається на проектування і доведення.

Можливі два підходи до розв'язування оберненої аеродинамічної задачі. Перший, що розроблений у теперішній час, – ітераційне розв'язування низки прямих задач до збігу одержуваної картини течії, яка одержується, з тією, що вимагають граничні умови. Другий підхід, перспективний, ґрунтується на розв'язуванні рівнянь газодинаміки за умови, що заданими є параметри ядра потоку, а невідомими – присутні в рівняннях газодинаміки геометричні параметри каналу.

У теперішній час прямі аеродинамічні задачі для дифузорних каналів відомих конструкцій розв'язуються за допомогою *CFD-програм*, в основу яких покладені рівняння Нав'є-Стокса, що дозволяють при застосуванні відповідної моделі турбулентності виконувати розрахунки в'язкої течії досить складних об'єктів. Проте для кожної ітерації, в якій змінені геометричні характеристики об'єкту, що проектується, треба перебудувати сітку, перевірити її характеристики поблизу поверхонь і тільки після цього виконати розрахунок. Навіть при використанні сучасних багатопроцесорних комп'ютерів вимагаються величезні витрати часу для отримання результатів тільки однієї ітерації.

В існуючих конструкціях дифузорів вихлопних патрубків є великий резерв підвищення економічності – це усунення відривів потоку. Є два шляхи використання цього резерву, а саме: вдування потоку в примежовий шар або створення якісно нових конструкцій окреслень дифузорів. Вдування широко застосовують в авіації для забезпечення безвідривної течії і збільшення підйомної сили при відхиленні закритків крила літака. У вісерадіальних дифузорах турбомашин управління течією на зовнішньому обводі дозволяє істотно поліпшити заповнення робочим тілом прохідних перетинів та суттєво знизити коефіцієнт повних втрат вихлопного патрубка [1–3].

Виходячи з вище наведеного, доцільно розробити метод розрахунку течії, який дозволив би не тільки визначати характеристики течії в каналах, для яких визначена геометрія окреслень (пряма аеродинамічна задача), але і проектувати канали під задані аеродинамічні умови (обернена аеродинамічна задача) за відносно невеликі проміжки часу, прийнятні для практичного турбінобудування.

Передумовами для розробки методів розрахунку течії в кільцевих каналах послужили методи розрахунку течії для розв'язування прямої та оберненої аеродинамічних задач в кільцевих решітках турбомашин на циліндрових поверхнях течії і на довільній поверхні обертання. В основі обох аеродинамічних задач застосований єдиний методологічний підхід, в якому пряма задача розрахунку течії в каналі решітки турбомашини виступає як окремий випадок оберненої задачі проектування міжлопаткового каналу.

Основні принципи, які лежать в основі методу розв'язування прямої та оберненої задач теорії решіток турбомашин, були використані для розробки методу проектування осьових кільцевих каналів. Цей метод буде викладений у випускній роботі магістра. Головні особливості його побудови запозичені з робіт, що присвячені проектуванню осьових каналів [4- 6], та стали у нагоді для перспективних методів проектування вісерадіальних кільцевих каналів [7].

#### **Список літератури:**

1. *Гаркуша А.В.* Аэродинамические исследования выхлопных патрубков совместно с последней ступенью турбины в широком диапазоне режимов работы [Текст] / А.В. Гаркуша, Ю.А. Юдин, А.В. Лапузин, В.П. Субботович // Вестник ХГПУ - Харьков, Вып. 101, 2000. – С.59-63.
2. *Юдин Ю.А.* Влияние надбандажной протечки на аэродинамику осерадиального диффузора выхлопного патрубка ЦНД паровой турбины при изменении противодавления [Текст] / Ю.А. Юдин, В.П. Субботович, А.В. Лапузин, А.Ю. Юдин // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». - 2010. – № 2 – С. 70-74.
3. *Субботович В.П.* Аэродинамические исследования участка выходного диффузора турбины со специальным вдувом потока [Текст] / В.П. Субботович, Ю.А. Юдин, А.В. Лапузин, А.Ю. Юдин // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 12(986) – С. 30-35.
4. *Субботович В.П.* О методе проектирования наружной границы выходного диффузора газовой турбины [Текст] / В.П. Субботович, С.А. Темченко // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – № 67 – С.
5. *Субботович В.П.* Обратная задача для осевого кольцевого канала [Текст] / В.П. Субботович, С.А. Темченко // Вісник НТУ «ХПІ» – Харків: НТУ «ХПІ». - 2010. – № 3 – С. 56-60.
6. *Субботович В.П.* Результаты тестирования метода расчета течения в кольцевых каналах / В.П. Субботович, Ю.А. Юдин, А.Ю. Юдин, С.А. Темченко // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2012. – № 8 – С. 91-94.
7. *Субботович В.П.* Метод расчета течения в осерадиальных кольцевых каналах / В.П. Субботович, А.Ю. Юдин, С.А. Темченко // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2011. – № 6 – С. 24-27.

**К.С. ЧУМАЧЕНКО, П.С. ЗАВЬЯЛОВ**, канд. техн. наук, професор

**Розрахунок пульсаційних характеристик за робочим колесом  
оборотної гідромашини в турбінному режимі**

Збільшення потужностей оборотних гідромашин, форсування режимів експлуатації, робота машин на перехідних режимах підвищені вимоги надійності, довговічності та екологічності при високих енергокавітаційних показниках приводить до необхідності зменшення інтенсивності гідродинамічних нестационарностей в проточній частині.

З огляду на важливість цього питання, на кафедрі гідравлічних машин ім. академіка Г. Ф. Проскури НТУ «ХПІ» протягом багатьох лет проводяться розрахункові й експериментальні дослідження гідродинамічних нестационарностей у проточних частинах гідромашин.

Порівняння результатів чисельних розрахунків, модельних і натурних досліджень показує, що процес зміни пульсацій тисків досить добре моделюється, що дозволяє виконувати розрахункові дослідження на розроблених математичних моделях. З огляду на складність, тривалість і значну вартість експериментальних досліджень на модельних блоках і, особливо, на натурних машинах доцільно на попередніх етапах розробки проточної частини прогнозувати параметри нестационарних явищ, у тому числі й пульсаційні характеристики, чисельними методами.

Вібраційний стан оборотних гідромашин у значній мірі залежить від пульсацій тисків, обумовлених обертовим рухом вихрового джгута за робочим колесом у відсмоктуючій трубі, то прогнозування низькочастотних пульсацій на стадії розробки проточної частини є актуальним завданням. Експериментально була встановлена поява на глибоких часткових і форсованих режимах декількох вихрових джгутів [1–3], що необхідно враховувати в розрахункових моделях. Однак у відомих двомірних й тривимірних математичних моделях розглядаються схеми з одним вихровим джгутом і не визначаються частоти.

У більшості випадків вихровий джгут мають складну форму, що наближається до просторових спіралей. Тому важливим питанням стає вдосконалювання й впровадження в практику розрахунку тривимірних математичних моделей. У просторовій математичній моделі із гвинтовим спіральним джгутом стінки відсмоктуючої труби, моделюються вихровою поверхнею зі змінною інтенсивністю, що складається з нескінченно тонких вихрових ниток із кроком, рівним кроку фізичного вихору [4].

Для реалізації розглянутої математичної моделі для випадку декількох фізичних вихорів необхідне визначення напруженості на стінках відсмоктуючої труби, з рішення інтегрального рівняння Фредгольма 1-го роду. Однак відомо, що пряме рішення такого рівняння утруднено в силу його некоректності, що

полягає в нестійкості рішення. Тому був розглянутий метод реалізації завдання шляхом завдання функції напруженості вихрового шару уздовж контуру поперечного перерізу відсмоктуючої труби, рядом Фур'є з невідомими коефіцієнтами. Вони визначаються з рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь, що заміняє приблизно інтегральні рівняння. Інтенсивність вихрового джгута визначається за значенням циркуляції потоку за робочим колесом у втулки за допомогою рівнянь спрощеної моделі осесиметричного потоку, що дозволяють розрахувати розподіл меридіональної швидкості уздовж вихідної кромки лопаті [3].

Для розрахунку пульсацій тисків необхідні залежності геометричних параметрів джгута: ексцентриситет, діаметра його поперечного перерізу, кута нахилу гвинтової лінії вихрового джгута; які були обрані на підставі візуальних досліджень потоку за робочим колесом модельних турбін.

Чисельні експерименти проводилися згідно алгоритму, розробленого й наведеного в роботі [4]. Програми складені мовою Фортран. Були отримані прогнозні пульсаційні характеристики, для моделі оборотної гідромашини середньої швидкохідності при розрахунковому напорі. Отримані дані дозволяють зробити вивід, що прогнозування пульсацій тиску в широкому діапазоні зміни режимів роботи, включаючи більші недовантаження й форсування потужності, доцільно ліву частину результуючої характеристики одержувати на основі розрахунку трьох вихрових схем (для одного, двох і трьох вихрових джгутів), праву, як показує практика, - на основі двох вихрових схем для одного й двох вихрових джгутів з розрахунком і нанесенням границь переходу. Аналіз розрахункових даних дослідженої проточної частини свідчить про припустимий рівень джгутових пульсацій тиску за робочим колесом оборотної гідромашини в турбінному режимі роботи, що є однією з необхідних умов забезпечення надійної роботи гідроагрегата.

#### **Список літератури:**

1. *Завьялов П. С.* Математическое моделирование низкочастотной нестационарности от пространственного вихревого жгута за рабочим колесом гидротурбины / П. С. Завьялов // «MicroCAD-97». Тр. междунар. на-учн.-техн. конф. ХПИ. Ч. 2. - Харьков, май 1997. - С. 64-68.
2. *Завьялов П. С.* К вопросу математического моделирования низкочастотных пульсаций давления в отсасывающих трубах жестколопастных гидротурбин / П. С. Завьялов, Ю. М. Кухтенков, Ю. А. Подвойский // Вестн. НТУ «ХПИ». - 2002. - Вып. 132. - С. 94-99.
3. *Бондаренко А. В.* Моделирование параметров вихревого жгута в поле универсальной характеристики жестколопастных гидротурбин / А. В. Бондаренко, А. М. Гришин // «MicroCAD-97»: Тр. междунар. научн.-техн. конф. Ч. 2. - Харьков, май 1997. - С. 64-68.
4. *Завьялов П. С.* Прогнозирование пульсаций давлений от нескольких вихревых жгутов за рабочим колесом радиально-осевой гидротурбины / П. С. Завьялов, Ю. М. Кухтенков, Ю. А. Подвойский // Вест. НТУ «ХПИ». - 2001. - Вып. 129. - С. 95-104.

Науково-практичне видання

**VIII Університетська науково-практична  
студентська конференція магістрантів  
Національного технічного університету  
„Харківський політехнічний інститут”**

**(22–24 квітня 2014 року)**

Матеріали конференції

У трьох частинах

**Частина 1**

Відповідальний за випуск *А.І. Бондаренко*

Редактор *К.О. Костик*

Формат 60x84 1/16. Папір офісний. Різо-друк. Гарнітура Таймс.

Ум. друк. арк. 10,9. Наклад 100 прим.

Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ»

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.

61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Друкарня НТУ "ХПІ". 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---